سلسلة تقدمات فى دراسات الخضر

٢

تقدمات فى دراسات
نمو وتطور محاصيل الخضر

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

أستاذ الخضر المتفرغ

كلية الزراعة – جامعة القاهرة

٢٠٢٢

تقدمات فى دراسات نمو وتطور محاصيل الخضر

حسـن، أحمد عبد المنعم
تقدمات فى دراسـات نمو وتطور محاصيل الخضر
تأليف: أحمد عبد المنعم حسـن.
ط١.- القاهرة: - ٢٠٢٢ م - ١٤٤٣ هـ
١٩٣ ص, ١٧ × ٢٤- (سلسـلة تقدمات فى دراسـات الخضر).
إنتاج الخضر
فسـيولوجيا الخضر
العنوان

الطبعة الأولى

١٤٤٣هـ - ٢٠٢٢م

مقدمة

كما يُستدل من عنوان هذا الكتاب، فإنه يُركز على التقدمات فى دراسات نمو وتطور محاصيل الخضر؛ ولذا.. فإننا تجنبنا قدر الإمكان أى تكرار لِما سبق أن بيناه حول هذا الموضوع فى كتب سابقة، والتى كان منها:

- أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (حسن ١٩٨٨).
- إنتاج وفسيولوجيا واعتماد بذور الخضر (حسن ١٩٩٤).
- أساسيات وفسيولوجيا الخضر (حسن ١٩٩٨).
- إنتاج الفلفل والباذنجان (حسن ٢٠٠١).
- إنتاج الخضر البقولية (حسن ٢٠٠١).
- إنتاج الفراولة (حسن ٢٠٠٢).
- إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية (حسن ٢٠٠٣).
- إنتاج الخضر الخيمية والعليقية (حسن ٢٠٠٣).
- إنتاج الخضر المركبة والخبازية والقلقاسية (حسن ٢٠٠٣).
- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الأول (حسن ٢٠٠٤).
- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الثانى (حسن ٢٠٠٤).
- إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الثالث (حسن ٢٠٠٤).
- أساسيات وتكنولوجيا إنتاج الخضر (حسن ٢٠١٥).
- تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها (حسن ٢٠١٨).
- القرعيات: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها (حسن ٢٠٢٠).
- البطاطس: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها (حسن ٢٠٢٠).
- الثوميات: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها (حسن ٢٠٢٢).

ويمكن الإطلاع على تلك الكتب وعلى غيرها من مؤلفاتى العلمية بالرجوع إلى صفحتى على جوجل:

https://sites.google.com/view/prof-ahmed-hassan-site/home

أ.د. احمد عبدالمنعم حسن

محتويات الكتاب

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

صفحة

الفصل الحادى عشر

صفحة

تمهيـد

إن نمو وتطور الخضر يرتبط ارتباطًا وثيقًا بعديد من العوامل التى نتناولها بالدراسة فى هذا الكتاب، وكذلك بكل عوامل الشد البيئى، وهى التى خصصنا لها كتابًا مستقلاً فى هذه السلسلة. وبذا.. فإن نمو وتطور الخضر موضوع واسع متعدد الجوانب.

فبداية.. نجد أن لمعاملات نقع البذور فى الماء أو فى محاليل ملحية معينة مخففة — وهى التى تُعرف باسم seed priming — تأثيرات إيجابية كثيرة على نمو وتطور الخضر؛ فهى تُهئ البذور فسيولوجيًّا لتحفيز الإنبات وتجانسه. كما أن تلك المعاملة تُحسِّن عدة استجابات مورفولوجية وفسيولوجية وكيميائية حيوية وجزيئية فى النباتات، فضلاً عن ارتباطها بتحمل البادرات لعوامل الشد البيئى والحيوى. ويتحقق ذلك من خلال تأثير المعاملة على تحوير التعبير الوراثى، وتحوير آليات إصلاح الدنا DNA، وكذلك تحفيز الأيض السابق للإنبات، وإحداث تحسن كبير فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وتخفيف الشد التأكسدى. وبذا.. فإن عملية الـ seed priming تُحفز فسيولوجيا النبات بصورة إجمالية. ولمزيد من التفاصيل فى هذا الأمر يمكن مراجعة Zulfiqar (٢٠٢١).

ولزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى– الأمر الذى يزداد وضوحًا عامًا بعد آخر — تأثيرات إيجابية على البناء الضوئى والنمو النباتى. هذا.. إلا إن تأثير تلك الزيادة البيئية فى تركيز ثانى أكسيد الكربون (eCO_2) على معدل التنفس ليس واضحًا (Bhargava & Mitra ٢٠٢١).

ولقد اتجه الباحثون نحو محاولة الاستفادة من بعض المركبات الكيميائية الحيوية والمعاملات الفيزيائية فى التأثير على نمو وتطور محاصيل الخضر.

فمثلاً.. اخذ الميلاتونين melatonin (وهو: N-acetyl-5-methoxytryptamine) اهتمامًا متزايدًا فى البحث النباتى لما يلعبه من أدوار متعددة فى النظام النباتى. فلقد

عدَّل الميلاتونين من كفاءة الحدِّ من العناصر المحبة للأكسدة، ونشَّط الاستجابات الدفاعية المضادة للأكسدة للتأقلم على حالات الشدِّ البيئى (شد الحرارة والبرودة والجفاف والملوحة)، والبيولوجى (الفطريات والفيروسات والبكتيريا والحشرات). ومن ذلك تفاعل الميلاتونين مع الهرمونات النباتية الأخرى فى تنظيم شد الجفاف والإصابات الفيروسية، كما يُفيد فى زيادة كفاءة المبيدات الفطرية؛ مما يجعل من الممكن الحد من استخدامها، وفى تحفيز النمو النباتى (Tiwari وآخرون ٢٠٢٠).

يتواجد الميلاتونين — المستمد من التربتوفان tryptophan — فى مدى واسع من الأنواع من البكتيريا إلى الثدييات، وهو مركب غير سام، ويلعب دورًا أساسيًّا فى الدورة الحيوية اليومية circadian rhythm، وفى النشاط المضاد للأكسدة، والتحفيز المناعى فى الحيوانات، والبناء الضوئى وإنتاج الكتلة البيولوجية والتنظيم الأسموزى أثناء الاستجابة لحالات الشد البيئى والبيولوجى فى النباتات. ولقد أكتُشِف تواجد الميلاتونين فى النباتات البستانية لأول مرة فى نبات مجد الصباح اليابانى *Pharbitis nil* سنة ١٩٩٣.

وتناول Pols وآخرون (٢٠٢٢) فى مقال مرجعى الأهمية التى يلعبها غاز أكسيد النيتريك NO (الذى يُعد من ملوثات الهواء الجوى).. أهميته كجزيئ هام فى تنظيم الاستجابة لكلٍّ من الشدِّ البيئى والبيولوجى، وعلاقته بمختلف الهرمونات النباتية، ودوره المهم فى المحافظة على القدرة التخزينية بعد الحصاد.

ولقد لخص Wu وآخرون (٢٠٢١) مسارات تمثيل الميلاتونين من التربتوفان فى النباتات، وتأثيراته على النباتات، ودوره فى نموها وتطورها، والجودة بعد الحصاد، وتحمل ظروف الإجهاد البيئى والبيولوجى، وإمكانيات المعاملة به فى مجال البساتين.

وتُعد البراسينوستيرويدات فئة من الهرمونات النباتية الاستيرويدية الـ polyhydroxylated، وهى كثيرة الانتشار فى المملكة النباتية وتلعب دورًا فى مجال واسع من الاستجابات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية والجزيئية فى النباتات، مثل: إنبات البذور، وانقسام واستطالة الخلايا، وتميز الأوعية والتميز الموروفولوجى، والبناء الضوئى، وتنشيط الإنزيمات، والشيخوخة. كما وُجد أنها تحمى النباتات من مختلف

عوامل الشدِّ الحيوية وغير الحيوية، مثل الملوحة والحرارة، والماء، والعناصر الثقيلة، ومسببات الأمراض. كذلك فإن دورها معروف وثابت فى زيادة إنتاجية محاصيل زراعية مثل الحبوب والبقول، والمحاصيل البذرية الزيتية. وهى لها دور هام فى تحسين إنتاج ومحصول عديد من محاصيل الخضر والفاكهة (Ali ٢٠١٧).

ويُستدل من دراسات حديثة على أن المستويات الطبيعية من الأشعة فوق البنفسجية (٢٨٠–٤٠٠ نانوميتر) فى ضوء الشمس لها عدة تأثيرات مفيدة على القيمة الغذائية لكثير من الخضر والفاكهة. ولقد ثبت أن لكلٍّ من UVB (٢٨٠–٣١٥ نانوميتر)، و UVA (٣١٥–٤٠٠ نانوميتر) تأثيرات على النمو النباتى والبناء الضوئى ومحتوى نواتج الأيض الثانوية، وعلى التفاعل بين النباتات والحشرات فى عدد من المحاصيل الزراعية. ولقد وُجد أن تمثيل الفلافونويدات يزداد بتأثير التعرض للـ UVB (Neugart & Schreiner ٢٠١٨).

ويُعد التعرض للكهرباء نوع من الشد البيئى، ولتعريض البذور للكهرباء تأثير متبق على النمو النباتى، ولتعريض النباتات تأثير على البناء الضوئى، ويمكن أن تنشط تلك المعاملة أنظمة الدفاع النباتى بمضادات الأكسدة، كما يمكن للمعاملة تغيير تمثيل نواتج الأيض فى النباتات.

وللتفاصيل المتعلقة بتأثير الكهرباء — بما فى ذلك الحقول الكهربائية القوية والضعيفة — والحقول المغناطيسية، والتيارات الكهربائية على نمو النباتات وتطورها.. يراجع Dannehl (٢٠١٨).

هذا.. ولمختلف جوانب الشد البيئى تأثيرات إيجابية على جودة الخضر وقيمتها الغذائية والطبية، ومن ذلك شدِّ الملوحة وشدِّ الجفاف.

ولقد استعرض Rouphael وآخرون (٢٠١٨) دراسات تأثير الشدِّ الملحى على تحسين جودة مختلف محاصيل الخضر، مع التركيز على خصائص الجودة الفيزيائية (اللون والقوام والمظهر والصلابة) والطعم (النكهة والطعم) والقيمة الغذائية، والطبية (مضادات الأكسدة والمركبات النشطة بيولوجيًّا).

وتتوفر أدلة على أن الشدِّ الرطوبى المتحكم فيه قد يُحسِّن جودة الثمار بزيادته لمحتواها من المركبات المسئولة عن الطعم، ومن المركبات الكيميائية النباتية التى تزيد من أهمية الخضر لصحة الإنسان. وقد استعرض González-Chavira (٢٠١٨). الدراسات التى أُجريت فى هذا المجال.

الفصل الأول

الطماطــم

إنبات البذور ونمو البادرات والشتلات

تأثير معاملة البذور بالأشعة فوق البنفسجية A

أدت معاملة بذور الطماطم بجرعة معتدلة من الـ UV-A إلى تحسين الإنبات، وزيادة معدل النمو والكتلة البيولوجية للبادرات ومساحة الأوراق الفلقية، وزيادة فى نشاط البناء الضوئى، مع نقص فى مستويات الـ H_2O_2 والـ MDA، وتحفيز لنشاط إنزيم البيروكسيديز المضاد للأكسدة، وزيادة فى المحتوى الفينولى (Mariz–Ponte وآخرون ٢٠١٨).

تأثر نمو الشتلات إيجابياً بالرطوبة النسبية العالية عند ارتفاع الحرارة

وُجد أن رفع الرطوبة النسبية إلى ٧٠٪ فى ظل حرارة عالية (١٨/٤١ °م) كان مفيدًا لنمو شتلات الطماطم؛ حيث ازداد فى تلك الظروف تراكم المادة الجافة؛ الأمر الذى لم يتحقق فى تلك الحرارة مع رطوبة نسبية أقل (٥٠٪)، كما ازداد أيضًا تركيز الأحماض الأمينية الحرة فى الرطوبة النسبية العالية (Zheng وآخرون ٢٠٢٠).

التأثير الإيجابى للتعرض لحقل كهربائى

وُجد أن تعريض بادرات الطماطم لحقل كهربائى بفولت عالٍ high-voltage electrostatic field بشدة ٢,٢٥، و٢,٥ كيلوفولت/سم يمكن أن يؤدى — على التوالى — إلى تحسين امتصاص الأمونيوم والنترات فى البادرات النامية فى مزرعة مائية. وقد نشَّطت المعاملة عديدًا من بروتينات القنوات channel proteins مع زيادة امتصاص النيتروجين. وتُعد هذه المعاملة وسيلة لإنتاج شتلات جيدة النمو وزيادة المحصول (Li وآخرون ٢٠١٧).

وقف نمو الشتلات وتأخير شيخوختها

تُفيد معاملة الشتلات بحامض الأبسيسك أو باليوناكونازول فى وقف نموها؛ فقد وجد أن رش شتلات الطماطم قبل جاهزيتها للشتل بخمسة إلى سبعة أيام بحامض الأبسيسك بتركيز ٣,٨ ميكرومول أدى إلى وقف نموها وإطالة فترة تسويقها. أما المعاملة باليوناكونازول فتفيد فى إنتاج شتلات مندمجة.

يُعد وقف نمو الشتلات ضرورة فى المشاتل التجارية حتى لا يزداد نموها بصورة غير مقبولة، وتستخدم لذلك المعاملة بمركبات مثل حامض الأبسيسك abscisic acid واليوناكونازول uniconazole. وقد تبين أن حامض الأبسيسك يوقف استطالة الساق وكتلة النمو الخضرى بنسبة تصل إلى ٢٢٪، وأن هذا التأثير يزول بعد جاهزيتها للشتل بسبعة أيام، بما يسمح بنمو مجموع جذرى جيد. أما معاملة اليوناكونازول فقد استمر تأثيرها فى وقف استطالة الساق بنسبة وصلت إلى ١٥٪ لمدة ٢٠ يومًا من المعاملة، أو حتى بعد ١٦ يومًا من جاهزيتها للشتل. وبصورة عامة.. كانت معاملة حامض الأبسيسك الأنسب لإطالة فترة صلاحية الشتلات للتسويق، بينما كانت معاملة اليوناكونازول الأنسب لإنتاج شتلات مندمجة compact. وعلى الرغم من أن معاملة حامض الأبسيسك أحدثت بعض الاصفرار بالأوراق، فإنه سرعان ما اختفى الاصفرار بعد ٧ أيام من جاهزيتها للشتل (Agehara &Leskobvar ٢٠١٧).

يُعد تأخير أو منع شيخوخة الأوراق الفلقية لشتلات الطماطم التجارية أمرًا مهمًا لأجل تحسين مظهر وجودة الشتلات المسوقة. ولقد وُجد أن معاملة البذور بالـ cold plasma بمستوى ٢٥ واط أدت إلى تأخير اصفرار وشيخوخة وانفصال الأوراق الفلقية. كذلك أدت هذه المعاملة للبذور عندما عُرِّضت البادرات للإظلام إلى منع تحلل الكلوروفيل، ومنع فقد وظيفة الـ photosystem II، والحد من نشاط الجينات ذات الصلة بالشيخوخة. وأدت هذه المعاملة إلى تحسين قدرة تضادية الأكسدة ذات الأهمية فى منع الشيخوخة، وعدلت — كذلك — من توازن السيتوكينينات والإثيلين لمنع الشيخوخة (Li وآخرون ٢٠٢١).

الحد من صدمة الشتل

أدت معاملة شتلات الطماطم بالـ 1-methylcycloropene (اختصارًا: 1-MCP) قبل الشتل إلى تثبيط إنتاجها للإثيلين (وهو الذى يستحث تثبيطًا عامًّا للنمو؛ مسببًا لصدمة الشتل)؛ مما حسَّن نموها. وتميزت تلك الشتلات المعامَلة قبل الشتل بأنها كانت خلال مرحلة الإزهار أكثر طولاً، وفى مرحلة الإثمار كانت كتلتها البيولوجية أكبر بنحو ٢٣٪، وإزهارها أكثر بنحو ٢٢٪، مع وجود تحسن فى القدرة على البناء الضوئى. وكنتيجة لذلك كانت النباتات المعاملة أعلى فى المحصول الكلى بنسبة ١٣٪ وفى المحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٤٪. ولقد ازداد عدد الأزهار بزيادة الكتلة البيولوجية، وازداد المحصول بزيادة عدد الأزهار (Agehara ٢٠٢٠).

تأثيرات الحرارة والضوء وألوان الطيف

التأثير المتجمع

وُجد من دراسة أجريت فى مزرعة مائية على الطماطم أن العوامل البيئية المتراكمة cumulative environmental factors تؤثر على نمو وتطور الطماطم، كما يلى:

١- كان للإشعاع الشمسى المتراكم التأثير الأقوى على عدد الأزهار، أكثر من تأثيرات الوحدات الحرارية المتراكمة، والعجز فى ضغط بخار الماء (VPD).

٢- اعتمد عدد الثمار على العجز فى ضغط بخار الماء أكثر من اعتماده على أى من الإشعاع الشمسى المتراكم أو الوحدات الحرارية المتراكمة.

٣- كان التلقيح حساسًّا للعجز فى ضغط بخار الماء.

٤- ربما كان لعدد الثمار وازدياد الخلايا فى الحجم أثناء اكتمال تكوين الثمار أهميتهما فى وزن ثمار العنقود (Doan & Tanaka ٢٠٢٢).

الحرارة

وُجد أن تعريض نباتات الطماطم لحرارة أعلى من المثلى (٣٠ْم) — مقارنة بحرارة ٢٠ أو ٢٥ْم — فى إضاءة قوية من لمبات لِدّ LED — خفَّضت من تراكم المادة الجافة،

وأحدثت زيادة جوهرية فى معدل النمو النسبى relative growth rate، حيث ازداد توجيه الكربوهيدرات للنمو، مع زيادة فى معدل تبادل الغازات للضِعف مقارنة بما كان عليه الحال فى حرارة ٢٠ ْم (Yamaura وآخرون ٢٠٢١).

ولقد وُجِد إنه فى متوسط حرارة قدره ١٨ أو ٢٥ ْم أن زيادة الفرق بين حرارة الليل والنهار من صفر إلى ٦ ْم أو إلى ١٢ ْم كان مُصاحبًا بزيادة فى كلٍّ من كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب. وفى كلٍ من متوسطى درجة الحرارة (١٨، و٢٥ ْم) كانت جميع المؤشرات الفسيولوجية التى دُرست (وعددها خمسة عشر) أفضل عندما كان الفرق بين حرارتى الليل والنهار ست درجات مئوية (Xiao وآخرون ٢٠١٨).

هذا.. وتُكمل ثمار الطماطم نضجها فى خلال ٩٥، و٦٥، و٤٦، و٤٢ يومًا من تفتح الزهرة عندما تكون النباتات نامية فى حرارة ١٤، و ١٨، و٢٢، و٢٦ ْم، على التوالى. وكانت الثمار أكثر حساسية للحرارة العالية فى المراحل المتأخرة من اكتمال تكوينها، وأثَّرت الحرارة على حجم الثمار، وظهر ميل نحو تكوين ثمار صغيرة بكرية فى كل من الحرارة العالية (٢٦ ْم) والمنخفضة (١٤ ْم)، وقد أدى ذلك — مع انخفاض فى عدد الأزهار وضعف فى عقد الثمار على ٢٦ ْم — إلى حدوث نقص فى المحصول. كذلك أثَّرت الحرارة على محتوى النمو الخضرى من المادة الجافة وعلى توزيعها على مختلف الأجزاء النباتية (Adams وآخرون ٢٠٠١).

الضوء

يُحدث تعريض نباتات الطماطم لإضاءة مستمرة اصفرارًا بالأوراق، مع ميل للأوراق إلى أسفل epinasty. ولقد حدثت تلك الأعراض عندما عُرِّضت الشتلات لإضاءة مستمرة لمدة ١٤ يومًا. ومع زيادة شدة الإضاءة لم يزدد الاصفرار، ولكن ازداد ميل الأوراق لأسفل؛ بما يعنى أن تلك الأضرار تحدث بآليات مختلفة (Pham & Chun ٢٠٢٠).

وعندما عُرِّضت بادرات وشتلات الطماطم النامية فى ظروف ١٢ ساعة إضاءة، و١٢ ساعة ظلام.. عندما عُرِّضت خلال فترة الظلام للضوء لمدة صفر أو أربع أو ثمانى أو اثنتا

عشرة ساعة (أى عُرِّضت لإضاءة مستمرة) من لمبات اللِّدِّ LED مع استمرار التجربة لمدة أربعة أسابيع، وُجد أن البادرات التى عُرِّضت للضوء ليلاً لمدة أربع أو ثمانى ساعات كانت أفضل من بادرات الكنترول ومن تلك التى عُرِّضت للضوء لمدة ١٢ ساعة. ولقد راكمت البادرات التى عُرِّضت للضوء لمدة ثمانى ساعات كتلة بيولوجية أكبر فى الساق وليس فى الأوراق، وكان الوزن الجاف لسيقانها أكبر وسيقانها أكثر وزنًا وطولاً، إلاّ إن المساحة الورقية فيها كانت أقل وكذلك الوزن الجاف للأوراق. ولقد كانت بادرات معاملة التعريض للضوء لمدة ٤ ساعات أكبر وأوراقها أكثر اتساعًا، وأكبر طولاً ووزنًا، إلاّ إن تلك المعاملة كان لها تأثير سلبى على الكتلة البيولوجية المتراكمة (Aguirre-Becerra وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد تناول Xiao وآخرون (٢٠٢٢) فى مقال مرجعى تأثير نوعية الضوء على نمو نباتات الطماطم، ونضج ثمارها، وتراكم المركبات الأيضية فيها، وعلى حالات الشدِّ البيئى والحيوى، وكذلك مشاركة الجبريللين، والأوكسين، والإثيلين، وحامض الأبسيسك، وحامض الجاسمونك، وحامض السلسيلك فى تأثيرات الموجات الضوئية، ودور مستقبلات الضوء لكلٍّ من ألوان الطيف. وجدير بالذكر عدم وجود مشاكل أمان فيما يتعلق بنوعية الضوء المستخدم بالموجة الضوئية والشدة المناسبة. كما تُعد تلك المعاملات صديقة للبيئة وموفرة للطاقة عند استعمال لمبات لِدِّ LED.

ألوان الطيف

دُرس تأثير تعريض الخيار والطماطم لمستويات مختلفة من الضوء الأزرق (٤٥٤ نانوميتر) (صفر، و٢٥، و٥٠، و٧٥، و١٠٠٪)، والنسبة الباقية للإضاءة من الضوء الأحمر (٦٦٣ نانوميتر) بشدة إضاءة ثابتة مقدارها ١٠٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية، ووُجد ما يلى:

١- أعطى الخيار النامى فى ١٠٠٪ ضوء أزرق أعلى وزن جاف وأكبر مساحة ورقية، بينما أعطت الطماطم النامية فى ٢٥٪ ضوء أزرق أكبر نمو خضرى.

٢- فى كلا المحصولين أدى غياب الضوء الأزرق — مقارنة بالمعاملات الأخرى — إلى كبت جهاز البناء الضوئى بشدة، وكان مدى هذا الكبت أكبر فى الخيار عما فى الطماطم.

٣- كان محتوى الأوراق من النيتروجين الكلى والكربون الكلى والكلوروفيل الكلى الأقل فى معاملة غياب الضوء الأزرق فى كلا المحصولين.

ويُستدل مما تقدم بيانه أن الضوء الأزرق ضرورى للمحافظة على النمو النباتى الطبيعى، وأن الخيار أكثر حساسية للضوء الأحمر والأزرق عن الطماطم (Liang وآخرون ٢٠٢١).

ولقد أُجريت دراسة على صنفى الطماطم Cherry Little Wonder ذات الثمار الحمراء، و Goldilocks ذات الثمار الصفراء عُرِّضت فيها عناقيد الثمار الخضراء المكتملة التكوين — قبل الحصاد — للضوء الأحمر (٦٣٤ نانوميتر بقوة ١٢٠ ± ٢٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية)، أو للضوء الأزرق (٤٥٠ نانوميتر بقوة ١٢٠ ± ٢٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية) لمدة ثمانى ساعات يوميًّا لسبعة أيام متتالية. أثرت تلك المعاملات جوهريًّا على لون الثمار الناضجة وتركيز الصبغات فيها. ولقد أدت معاملتى الضوء إلى تحفيز تراكم الليكوبين جوهريًّا، كما حفزت المعاملتين من تراكم البيتاكاروتين، وكان هذا التأثير — بالنسبة لكلتا الصبغتين — أعلى فى الصنف ذات الثمار الحمراء عما فى الصنف ذات الثمار الصفراء. وأدت معاملتى الإضاءة — كذلك — إلى إسراع التغير اللونى بما مقداره خمسة أيام فى الثمار الحمراء، و١٠ أيام فى الصفراء (Ngcobo وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير التطعيم والتحليق

التطعيم

يؤدى التطعيم على أصول معينة إلى حدوث زيادة فى امتصاص بعض العناصر؛ فعندما طُعِّم هجين الطماطم Primadonna على أى من الأصلين He-man أو Maxifort حدثت زيادة كبيرة فى الكتلة البيولوجية وفى تركيز عناصر النيتروجين والكالسيوم والنحاس فى النمو الخضرى، ونقصًا فى تركيز كلٍّ من المغنيسيوم والحديد، مقارنة بما

حدث فى النباتات غير المطعومة أو المطعومة على نفس الصنف، وقد ازداد — كذلك — امتصاص الفوسفور والمنجنيز والبورون فى النباتات المطعومة على هذين الأصلين، إلاّ إن توجه تلك العناصر كان للجذور بدرجة أكبر من توجهها إلى النموات الخضرية (Savvas وآخرون ٢٠١٧).

وقد دُرس تأثير تطعيم صنف الطماطم المحدود النمو Florida 47 على الهجن النوعية قوية النمو Multifort، وBeaufort مع استخدام معدلات تسميد آزوتى متزايدة تراوحت بين ٥٦، و٣٣٦ كجم/هكتار (٢٣,٥ إلى ١٤١ كجم N/ فدان) فى تربة رملية. وقد أدت زيادة معدل التسميد الآزوتى إلى زيادة الكتلية البيولوجية فوق سطح التربة شاملة الأوراق والسيقان والثمار، وكذلك امتصاص النيتروجين. ولقد زادت — فى المتوسط — قياسات تراكم النيتروجين، وكفاءة استخدام النيتروجين، وكفاءة امتصاص النيتروجين فى النباتات المطعومة — مقارنة بغير المطعومة — بنسبة حوالى ٢٦٪، و٣١٪، و٣٣٪، على التوالى. كذلك حدثت زيادات أوضح (٦٩٪) فى كثافة طول الجذور فى الخمسة عشر سنتيمترًا السطحية من التربة فى النباتات المطعومة (Djidonou وآخرون ٢٠١٩).

التحليق

حَوَّر تحليق الساق الرئيسية لنبات الطماطم من توزيع المواد الكربوهيدراتية على مختلف الأعضاء النباتية؛ حيث أدى إلى زيادة المحصول وحجم الثمار، مع التبكير فى الحصاد بنحو ١٠ أيام. وبالنظر إلى أن التحليق حجب عن الجذور إمدادات المواد الكربوهيدراتية، فإن التوقيت المناسب لإجرائه كان بعد ٢–٣ أسابيع من تفتح آخر عنقود زهرى (Chai وآخرون ٢٠٢١).

تأثير الملش على النمو وخصائص التربة

دُرس تأثير ثلاثة أنواع من الملش للطماطم فى العروة الصيفية، هى: بلاستيك رمادى/فضى من البوليثين (PF)، وورق يتحلل بيولوجيًّا من القش (BP)، وشرائح بيولوجية من القش مع الفحم المتحلل decomposed coal (BB) على خصائص التربة والنبات. وعلى الرغم من أن ملش الـ PF رفع رطوبة التربة، فإنه أدى إلى زيادة حرارة

التربة، والـ pH، والتوصيل الكهربائى، وإلى خفض الفوسفور الميسر؛ مما أدى إلى خفض النمو النباتى (طول الجذر وقطره، ومعدل النمو النسبى لارتفاع النبات، ومساحة الورقة، وكتلة النمو الخضرى والجذرى البيولوجية)، ومحصول الثمار. وأدى الملش الـ BB إلى خفض حرارة التربة، إلاَّ إنه خفَّض – كذلك – رطوبة التربة، ونشاط الانفرتيز فيها مع زيادة التوصيل الكهربائى؛ مما أدى إلى تقليل النمو الجذرى (قطر الجذر وكتلته البيولوجية ونسبة الجذور إلى النمو الخضرى). أما ملش الـ BP فإنه خفَّض حرارة التربة وأدى إلى زيادة رطوبة التربة؛ مما انعكس فى عدة إيجابيات، مثل خفض التوصيل الكهربائى للتربة، ونشاط إنزيمات التربة، وتحسين النمو النباتى (طول الجذر، ومعدل النمو النسبى لارتفاع النبات، ومساحة الورقة، وكتلة النبات البيولوجية، ونسبة الجذور إلى النمو الخضرى)، وزيادة محصول الثمار. كذلك حدث تحسن جزئى فى صفات جودة الثمار عندما استُعمل الملش الـ BP؛ بسبب خفضه لمحتواها من النترات، وزيادته لمحتواها من فيتامين ج. وبذا.. كان الملش الـ BP هو الأفضل للطماطم فى العروة الصيفية (Zhang وآخرون ٢٠١٩).

كما دُرس تأثير استعمال الملش البلاستيكى الأسود والفضى والعضوى (قش القمح) على النمو الميكروبى فى المحيط الجذرى للطماطم والنمو النباتى وامتصاص العناصر فى تربة فقيرة، ووُجد ما يلى:

١– ساعد الملش الفضى على وفرة النمو الميكروبى فى المحيط الجذرى، بما فى ذلك الكائنات المذيبة للفوسفور، بينما أدى الملش العضوى إلى زيادة الفطريات والأكتينوميسيتات فى المحيط الجذرى.

٢– حسَّن الملش كثيرًا من النمو الخضرى وقطر الساق وعدد الفروع الجانبية.

٣– أدى الملش إلى زيادة امتصاص العناصر، وكان أعلى تركيز للفوسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنجنيز والنحاس فى حالة المعاملة بالملش البلاستيكى الفضى (Dukare وآخرون ٢٠٢١).

خفض معدل الرى وتأثيراته

تأثير تقليل الرى

تُشير أبحاث عديدة على إنه يمكن الاستفادة من خفض كمية ماء الرى (deficit irrigation) فى مراحل معينة من النمو المحصولى فى توفير مياه الرى، مع حدوث بعض التحسن فى صفات الثمار (Khapte وآخرون ٢٠١٩).

ولقد دُرس تأثير خفض معدل رى الطماطم (خفض معتدل moderate، وخفض خفيف mild) بعد مرحلة عقد الثمار على التوفير فى ماء الرى والمحصول وصفات الجودة، ووُجد أن الخفض المعتدل (١٠٠٪ إلى ٧٥٪ ET) وفَّر فى ماء الرى بنسبة ٢٦,١٪، إلاّ إن المحصول انخفض بنسبة ١٠,٧٪، وكانت الأصناف العالية المحصول بطبيعتها الأكثر حساسية لتأثير الخفض المعتدل فى ماء الرى على المحصول. وفى المقابل، فإن الخفض الخفيف فى ماء الرى (١٠٠٪ إلى ٥٠٪ ET) وفَّر فى كمية الماء المستعملة بنسبة ١٣٪ دون التأثير على المحصول. ولقد أدى الخفض المعتدل إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، لكن تلك الزيادة لم يكن مردها إلى زيادة تراكم السكريات والأحماض. ولم يكن للرى تأثيرًا جوهريًّا على مستوى الفراكتوز والجلوكوز وحامض الستريك وحامض الجلوتامك، لكن التوفير فى ماء الرى خفَّض من محتوى حامض الماليك (Valcárcel وآخرون ٢٠٢٠).

ووُجد فى دراسة على الطماطم أن شدِّ الجفاف لم يؤثر فى كفاءة استخدام الماء فى كل من حالتى العجز العالى فى ضغط بخار الماء vapour pressure deficit (حوالى ١,١٥ كيلوباسكال)، والعجز المنخفض (حوالى ٠,٥٥ كيلوباسكال). ولقد أدى العجز المنخفض فى ضغط بخار الماء إلى زيادة الكتلة الجافة، وخفض النتح اليومى واستعمال النبات للماء؛ مما أدى إلى زيادة كفاءة استخدام الماء. وكانت كفاءة استخدام الماء أفضل فى الطماطم العادية عما فى سلالة نظيرة لها طفرية تفتقر إلى حامض الأبسيسك، وذلك فى ظروف العجز المنخفض فى ضغط بخار الماء (Liu وآخرون ٢٠٢٢).

المعاملة بمضادات النتح

أُجريت دراسة تحت ظروف الحقل عوملت فيها نباتات الطماطم — عند بداية عقد الثمار — بثلاثة أنواع من مضادات النتح، هى: الكاولين kaolin كعاكس للضوء بتركيز ٣٪، و٥٪، ومستحلب زيت بذور الـ linus بتركيز ١٪، و٢٪ لتكوين غشاء مُضاد للنتح، وحامض الفلفيك fulvic acid بتركيز ٠,١٥٪، و٠,٢٪ كمضاد أيضى للنتح. ولقد أظهرت النتائج أن المعاملة بمضادات النتح أحدثت زيادة فى محتوى الماء النسبى وخاصة عندما استُعمل حامض الفلفيك. هذا.. إلاّ إن تمثيل ثانى أكسيد الكربون انخفض وكان أقل انخفاض عندما استُعمل حامض الفلفيك. أدت المعاملة بالكاولين إلى خفض حرارة النمو الخضرى، لكن لم يكن لحامض الفلفيك أو لمستحلب الزيت تأثيرًا فى هذا الشأن. وقد خفَّضت المعاملة بمضادات النتح الاحتياجات المائية من ماء الرى جوهريًّا بنسب تراوحت بين ٢١٪، و٢٨٪ مقارنة باحتياجات نباتات الكنترول المائية. وكانت أفضل المعاملات هى التى استُخدم فيها حامض الفلفيك؛ حيث أدت إلى خفض الاحتياجات المائية بنسبة ٢٨٪، وتسببت فى أقل خفض فى صافى البناء الضوئى (١١,١٣٪) وفى المحصول (٢,٣٪)، بينما زادت معها كفاءة استخدام المياه water use efficiency بنسبة ٣٣,٤٥٪، مقارنة بنباتات الكنترول (AbdAllah وآخرون ٢٠١٨).

تأثير التسميد

التأثير المزدوج للرى الخفيف مع التسميد الآزوتى فى مختلف مراحل النمو

أدى التسميد الآزوتى للطماطم إلى التخفيف من النقص فى النتح الذى صاحب الرى القليل غير الكافى، كما حسَّن من تحفيز الرى القليل لكفاءة استخدام المياه. وفى مراحل النمو الثمرى المتأخرة يمكن أن يؤدى المعدل العالى للتسميد الآزوتى إلى تحسين كلٍّ من النتح وكفاءة استخدام المياه مع الرى الكافى. وفى مرحلة النمو الثمرى المبكرة أدى التسميد الآزوتى إلى زيادة الخفض فى كفاءة استخدام المياه عند عدم وفرة مياه

الرى، بينما وُجد فى مراحل النمو الثمرى المتوسطة والمتأخرة أن التسميد الآزوتى أدى إلى تحفيز تأثير العجز المائى على كفاءة استخدام المياه. وعمومًا يجب فى مراحل النمو المبكرة ألا يحدث عجز فى مياه الرى أو زيادة فى التسميد الآزوتى، وفى المراحل التالية يمكن زيادة التسميد الآزوتى مع زيادة محتوى التربة المائى بالرى الكافى (Zhou وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير خفض معدل التسميد الآزوتى على المحصول وجودة الثمار

دُرس تأثير خفض معدل التسميد الآزوتى عن المعدل المثالى (١٤ مللى مول) إلى ٧ أو ٣ مللى مول بداية من توقيتات مختلفة. فعندما حدث التخفيض بداية من الشتل كان التأثير على المحصول فقط، وذلك عندما كان التخفيض حتى ٣ مللى مول. أما عندما كانت بداية التخفيض من وقت تفتح الأزهار، فإنه لم يؤثر على المحصول أو على معظم الكاروتينويدات التى دُرست، باستثناء الليكوبين والفيتوين phytoene. كذلك أدى خفض معدل التسميد الآزوتى بداية من الشتل أو من تفتح الأزهار إلى زيادة محتوى الثمار من فيتامين ج والمجموعات الفينولية الرئيسية. ويعنى ذلك إمكان خفض معدل التسميد الآزوتى دون التأثير سلبًا على المحصول أو حتى على صفات جودة الثمار (Hernández وآخرون ٢٠٢٠).

أهمية التسميد بالبوتاسيوم فى ظروف الرى المحدود

أدى تسميد الطماطم بالبوتاسيوم (١٥٠ كجم k/هكتار، أو نحو ٦٣ كجم k/فدان) فى ظروف الرى المحدود إلى زيادة المحصول، والنمو، وجودة الثمار، ومحتواها من العناصر. كذلك أثر التسميد بالبوتاسيوم جوهريًّا على تنوع بكتيريا التربة؛ حيث زاد جوهريًّا من أعداد البكتيريا *Gemmatimonadetes*، وقلل مستوى الـ *Planctomyces*، كذلك حدثت زيادات كبيرة فى مستويات الجنس Opitutus، ولكن مع انخفاض فى كلٍّ من *Sphingomonas*، و *Bdellovibrio* عند التسميد بالبوتاسيوم، مقارنة بعدم التسميد (Gao وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير التسميد البوتاسى على النمو والمحصول والجودة

مع زيادة مستوى التسميد البوتاسى يزداد محتوى الثمار من عناصر البوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد، بينما ينخفض محتواها من عناصر الكالسيوم والصوديوم والزنك. ويزداد كذلك كلاً من كفاءة استخدام المياه، والمحصول الصالح للتسويق ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية بزيادة مستوى التسميد بالبوتاسيوم حتى المستوى الأمثل، كما يتحسن اللون وتزداد المادة الجافة بزيادة التسميد بالبوتاسيوم حتى أقل مستوى مثالى. ولقد أدى التسميد بالمستوى المثالى من البوتاسيوم (وهو ٣,٦٦-٤,٠ جم/نبات) إلى تحسين كفاءة استعمال المياه والمحصول الصالح للتسويق، وصفات جودة الثمار مثل اللون ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة المعايرة والمادة الجافة، بينما أدت الزيادة الكبيرة فى التسميد البوتاسى إلى زيادة محتواها من البوتاسيوم دون التأثير على الصفات الأخرى التى دُرست (Daoud وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير التغذية بالسيلينيم

أدى تزويد المحاليل المغذية للطماطم بالسيلينيم بتركيز ٢,٠ ميكرومول/لتر إلى تحسين قوة النمو النباتى ومحصول الثمار الكلى بنسبة ٦٠٪، وكذلك تحسين محصول الثمار الصالحة للتسويق، وزيادة كفاءة استعمال النيتروجين بنسبة ٦٠,٣٪. وأدت المعاملة بالسيلينيم — كذلك – إلى تحفيز محتوى الثمار من كلٍّ من حامض الأسكوربك والليكوبين. وقد ازداد محتوى الثمار من السيلينيم من ٠,١ مجم/كجم من الوزن الجاف فى نباتات الكنترول غير المعاملة إلى ٨,٩ مجم/كجم وزن جاف فى النباتات التى عُومِلت بالسيلينيم بتركيز ٤,٠ ميكرومول/لتر من المحلول المغذى (Sabatino وآخرون ٢٠٢١).

تأثير التغذية بالسيليكون

فى دراسة أُجريت على عشرة أصناف من الطماطم نُمِّيت فى مزرعة مائية فى وجود أو فى غياب السيليكون ازداد تركيز السيليكون فى النباتات جوهريًّا بمعاملة السيليكون، وكان محتوى الجذور من العنصر أعلى جوهريًّا عن محتوى الأوراق منه؛

بما يعنى امتصاص النباتات للعنصر مثل امتصاصها للعناصر الكبرى، لكنها تحد من انتقاله من الجذور إلى النموات الخضرية (Zellner ٢٠٢١).

تأثيرات محفزات النمو البيولوجية

تُعرَّف محفزات النمو البيولوجية بأنها كائنات دقيقة أو منتجات مُتحصل عليها من مواد عضوية مختلفة، وتؤثر إيجابيًّا على النمو والكفاءة، وتحِد من التأثيرات الضارة لعوامل الشد البيئى والحيوى.

المستخلصات الحيوية

أدت معاملة الطماطم بالمستخلص المائى للثوم بالرش الورقى أو بالإضافة مع ماء الرى (فرتجة)، أو بكلتا الطريقتين إلى تحفيز البادرات مورفولوجيًّا وفسيولوجيًّا؛ فازداد جوهريًّا ارتفاع النبات، والمساحة الورقية، وقطر الساق، والوزنين الطازج والجاف للنبات. هذا.. إلاّ إن التركيزات الأعلى فى حالة الفرتجة أثَّرت سلبيًّا على بعض مؤشرات النمو. كذلك ازداد نشاط الإنزيمين المضادين للأكسدة سُوبر أوكسيد ديسميوتيز، وبيروكسيديز. هذا إلا إن أعلى تركيز فى الفرتجة أحدث زيادة فى محتوى الـ malondialdehyde المتراكم فى الأوراق؛ بما يعنى حدوث أكسدة للدهون أو حدوث شد أكسدة، أدى إلى ضعف نمو البادرات (Hayat وآخرون ٢٠١٨).

وجد أن رش نباتات الطماطم بمستخلص قلوى لحشائش البحر (طحالب البحر) البنية *A. nodosum* أو *Sargassum* sp. أحدث زيادة جوهرية فى عدد البراعم الزهرية والأزهار والثمار، وترافق ذلك مع زيادة فى مستويات التعبير فى ستة من جينات الإزهار (Dooki وآخرون ٢٠٢١).

كما دُرس تأثير معاملة بذور الطماطم بغلاف coating من بعض التحضيرات التجارية البيولوجية المحفزة للنمو، أو معاملة تربة الزراعة سقيًّا بها (التربة إما خصبة تزرع تقليديًّا بالخضر، وإما تربة ملحية وذات محتوى عالٍ من كربونات الكالسيوم ومنخفضة فى محتواها من المادة العضوية)، وكانت التحضيرات التجارية هى:

Powhumus (اختصارًا: PH)، و Huminbio Microsense Seed (اختصارًا: SC)، و Huminbio Microsense Bio (اختصارًا: RE)، و Fulvagra (اختصارًا: FU). ولقد أدت المعاملة بأى من محفزات النمو إلى تحسين النمو النباتى والمحصول مقارنة بالكنترول فى نوعى تربة الزراعة، وكانت كفاءتها أعلى فى التربة الثانية (الملحية) عما فى التربة الأولى الخصبة. وأحدثت المعاملة – كذلك – خفضًا فى كل من النشاط المضاد للأكسدة، والـ H_2O_2، والـ MDA بالنبات فى نوعى التربة، كما ازداد نشاط البيروكسيديز ومحتوى السكروز بالنبات جراء المعاملة فى التربة الملحية (Turan وآخرون ٢٠٢١).

الفطريات التى تتعايش مع الطماطم

تأوى النباتات كثيرًا من الأنواع الفطرية على أسطحها epiphytic وداخل أنسجتها endophytic، وهى تلعب أدوارًا هامة فى سلامة النباتات وقوة نموها. وبدراسة الأنواع التى تعيش على أسطح أو فى أنسجة الطماطم كانت الـ endophytes أقل عددًا وتنوعًا مقارنة بالـ epiphytes. كما تنوعت الـ endophytes فى مختلف الأنسجة النباتية، وكان أكثر التنوع فى الجذور. هذا.. وكانت معظم فطريات الـ epiphytes والـ endophytes من الفطريات الأسكية ascomycetes (معظمها من ثلاث classes)، وكانت معظم الفطريات غير الأسكية من الـ Basidiomycota (Dong وآخرون ٢٠٢١).

الميكوريزا

أدت معاملة الطماطم بأى من السلالة T-22 من *Trichoderma harzianum*، أو السلالة QST713 من *Bacillus subtilis*، أو الشيتوسان إلى تحفيز إنتاج الكارتينويدات (الليوتين والبيتاكاروتين) بالثمار، وحامض الأسكوربك، والأحماض الفينولية (caffeoyl glucoside، و p-coumaroyl glucoside) (Rendina وآخرون ٢٠١٩).

وفى دراسة أخرى استخدم فيها فطر الميكوريزا *Glomus iranicum* var. *tenuipharum*، مع التلقيح به بمعدل صفر، و١٠٠، و٣٠٠ جم/م^3 من بيئة الزراعة، وذلك لثلاثة أصناف من الطماطم: اثنان منها (H4، و H3) قابلين للإصابة بالميكوريزا، والثالث (Jacaranda) غير قابل للإصابة، وُجد أن التلقيح بالميكوريزا بمعدل ١٠٠ جم/م^3 أحدث

تحسينات فى سلوك النباتات الفسيولوجى (محتوى الأوراق من الفوسفور والنيتروجين الكلى والكربوهيدرات الكلية)، وذلك مقارنة بمعاملتى عدم التلقيح بالميكوريزا والتلقيح بمعدل ٣٠٠ جم/م[٣] من بيئة الزراعة، وهى المعاملة التى أحدثت زيادة فى معدل البناء الضوئى وفى توصيل الثغور. هذا بينما لم تُحدث المعاملة بالميكوريزا أية زيادات فى محصول الثمار أو فى صفات جودة الثمار. وقد ازداد استعمار الميكوريزا للصنفين القابلين للإصابة بها عما حدث فى الصنف غير القابل للإصابة (Gómez-Bellot وآخرون ٢٠٢١).

البكتيريا المحفزة للنمو

أدى تلقيح نباتات الطماطم بالبكتيريا المحفزة للنمو *Bacillus pumilus* إلى تحسين النمو النباتى، وامتصاص النيتروجين، وتركيز الأمونيا بالتربة وزيادة مستويات بكتيريا المحيط الجذرى، ونشاط الـ nitrogenase بالتربة، لكن — فقط — فى ظل التسميد الجيد بالنيتروجين، علمًا بأن *B. pumilus* عملت على تثبيت آزوت الهواء الجوى، وكان لزيادة امتصاص النيتروجين المستحث بالبكتيريا *B. plumilus* علاقة بتيار الماء المفقود بالنتح (Masood وآخرون ٢٠٢٠).

فسيولوجيا عقد الثمار والمحصول

وُجد أن تركيز إندول حامض الخليك وبادئة 3-pyruvic acid يزدادان فى المبيض بعد ثلاثة أيام من تفتح الزهرة، كما ازداد — كذلك — خلال تلك الفترة مستوى نشاط إنزيمات التمثيل البيولوجى للأوكسين — وعلى النقيض من ذلك، فإن نشاط الإنزيمات المثبطة للأوكسين ازداد فى المبايض غير الملقحة وانخفض بعد التلقيح. وتمشيًّا مع تلك النتائج.. وُجد أن المعاملة بالأوكسين 2,4-D (أى 2,4-dichlorophenxyacetic acid) للمبايض غير الملقحة أدى إلى زيادة نشاط إنزيمات التمثيل البيولوجى للأوكسين، وخفض نشاط الإنزيمات المثبطة لتمثيل الأوكسين (Matsuo وآخرون ٢٠١٨).

وقد وُجد أن نشاط إنزيم monodehydroascorbate reductace (اختصارًا: MDHAR) فى كل نبات الطماطم يُعد ضروريًّا للمحافظة على المحصول الجيد فى

الطماطم الشيرى، بينما أدى انخفاض نشاط إنزيم ascorbate oxidase فى كل النبات إلى زيادة المحصول فى ظروف بيئية غير مناسبة (Truffault وآخرون ٢٠١٨).

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

عفن الطرف الزهرى

تبين لدى مراجعة الأبحاث الحديثة أن نقص الكالسيوم ليس هو السبب فى الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ولكن نقص العنصر يحدث نتيجة للإصابة بذلك العيب الفسيولوجى فى كل من الطماطم والفلفل. وفى الحقيقة.. لم يُشاهد النقص فى الكالسيوم الذائب فى الماء بالجدر الخلوية إلاّ بعد أن ظهرت أعراض تعفن الطرف الزهرى بوضوح، بينما فى الثمار التى كانت فى المراحل الأولى من تطور عفن الطرف الزهرى، كان توزيع تركيز أيون الكالسيوم فيها ما زال مماثلاً لما فى الثمار الصحيحة.

وكان من الواضح أن الأسباب الحقيقية لتعفن الطرف الزهرى هى الشدّ البيئى؛ مثل شد الملوحة والجفاف وشدة الإضاءة العالية والحرارة العالية والتغذية بالأمونيا، وهى الأمور التى تؤدى إلى زيادة العناصر المحبة للأكسدة، وإلى تحفيز شد أكسدة عالٍ، وفى النهاية تؤدى إلى موت الخلية. يؤدى موت الخلية إلى تفكك الغشاء الخلوى بالـ tonoplast وإلى تحلل الشبكة الإندوبلازمية؛ ومن ثم، فإن ذلك يؤدى إلى تسرب الأيونات، بما فى ذلك أيون الكالسيوم، وتفقد الخلايا امتلائها.

تخفض الجبريللينات النشطة بيولوجيًّا تراكم الكالسيوم، ولكنها تزيد من الحساسية للشدّ ومخاطر الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، بينما يكون لحامض الأبسيسك تأثيرات عكسية.

يُثبت الكالسيوم تركيب الخلية وقد يمنع بذلك توسع الخلايا. وفى الطبيعة يكون الكالسيوم متوفرًا بكفاية للنمو النباتى، ونادرًا ما يحدث نقص فى العنصر.

وقد تؤدى المعاملة بمثبطات تمثيل الجبريللين — مثل prohexadione-CA والـ GA antagonists — مثل حامض الأبسيسك — إلى تثبيط حدوث تعفن الطرف الزهرى نهائيًا حتى مع ضَعْف تيسر الكالسيوم (Saure ٢٠١٤).

وفى الوقت الحالى تتوفر نظريتان لتفسير بداية حدوث تعفن الطرف الزهرى فى ثمار الطماطم. تُحدد النظرية الأولى السبب فى انخفاض امتصاص الجذور للكالسيوم والتوزيع الشاذ للعنصر بين الخلايا. أما النظرية الثانية فتعطى دورًا ابتدائيًّا لعوامل الشد البيئى التى تستحث إنتاج الشوارد المحبة للأكسدة فى النبات؛ مما يؤدى إلى تفكك الأغشية الخلوية، وفقدان الخلايا لامتلائها. ولا تتوفر حاليًّا أدلة تؤيد صحة إحدى النظريتين على الأخرى (Djangsou وآخرون ٢٠١٩).

وفى دراسة على طفرة الطماطم procera ذات الاستجابة التأسيسية constitutive response لحامض الجبريلك، وسلالة isogenic لها من الصنف Micro-Tom أحدث نقص الكالسيوم نقصًا فى النمو الخضرى والجذرى فى كلتا السلالتين. وتبين أن الحساسية الأعلى لحامض الجبريلك فى الطفرة procera تُضعف أيض الكالسيوم وتحفز حدوث تعفن الطرف الزهرى بالثمار (Gaion وآخرون ٢٠١٩).

ولقد أُجريت دراسة حول تأثير مستويات مختلفة من التسميد بالكالسيوم (صفر، و١٠، و٥٠٠ جزء فى المليون) فى صورة $CaCl_2$ على الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى ثمار الطماطم، وكذلك دراسة تأثير تلك المعاملات على نسيج البيريكارب فى أقراص ثمار الطماطم غير المكتملة التكوين. ولقد وُجد أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى وشدته كانت الأعلى فى معاملة الصفر فى المليون، وزادت شدة الإصابة جوهريًّا فى معاملة الـ ٥٠٠ جزء فى المليون مقارنة بمعاملة الـ ١٠ أجزاء فى المليون. هذا بينما لم توجد أى فروق معنوية بين مختلف المعاملات فى محتوى الثمار من الكالسيوم. وتبين أن مياه صرف معاملة الـ ٥٠٠ جزء فى المليون كان أعلى فى درجة توصيله الكهربائى بمقدار ١٠ أضعاف معاملتى الصفر والـ ١٠ أجزاء فى المليون. ولقد انخفض استهلاك النبات اليومى من الماء فى معاملة الـ ٥٠٠ جزء فى المليون. ويعنى ذلك أن التسميد المعتدل بالكالسيوم (١٠ أجزاء فى المليون) خفَّض بفاعلية الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، لكن الزيادة الكبيرة فى التسميد بالكالسيوم تسببت فى زيادة كبيرة فى الإصابة بتعفن الطرف الزهرى. أما معاملة شرائح الثمار غير المكتملة التكوين بالكالسيوم فإنها ثبطت ظهور

أعراض تعفن الطرف الزهرى، إلاّ إن الإضافة الزائدة من الكالسيوم (٥٠٠ جزء فى المليون) فإنها لم تستحث ظهور الأعراض. هذا.. وعندما كانت الثمار بنفس العمر، فإن الثمار المبكرة والثمار الأكبر حجمًا ازدادت فيها الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Reitz وآخرون ٢٠٢١).

هذا.. ويوجد ارتباط إيجابى بين شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى ومعدل النمو النسبى للثمرة؛ بما يعنى أن تنظيم معدل نمو الثمار يمكن أن يُعد طريقة هامة لأجل الحد من الإصابة بهذا العيب الفسيولوجى. ويعمل تركيزًا الأوكسين والسيتوكينين الطبيعين كمنظمين لمعدل نمو الثمار. ويفيد الإبقاء على نسبة مناسبة من الـ sink (الثمار) إلى الـ source (الغذاء المجهز) — حسب الصنف — فى إبطاء معدل نمو الثمار؛ بما يسمح بالحد من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وخاصة فى الزراعات العضوية (Aslani وآخرون ٢٠٢٠).

كما وُجد أن إصابة ثمار الطماطم بتعفن الطرف الزهرى كان أكثر عندما زوِّدت الصوبة بإضاءة من لمبات لِد (٥٪ أحمر، و٥ ٪ أزرق) بقوة ٢٢٠ ميكرومول/م٢ فى الثانية عند قمة النمو الخضرى لمدة ١٦ ساعة يوميًّا، وذلك عما كانت عليه الإصابة فى حالة الإضاءة بلمبات الصوديوم ذات الضغط العالى HPS (Prinzenberg وآخرون ٢٠٢١).

وفى دراسة على سلالة الطماطم IL 8-3 التى تحتوى على قطعة كروموسومية من النوع البرى *Solanum pennellii* على الكروموسوم ٨ — وهى التى تقل إصابتها بتعفن الطرف الزهرى – وعلى الصنف الأصلى M 82 غير المحتوى على تلك القطعة، وُجد أن السلالة IL 8-3 أكثر قدرة على تنظيم توزيع الكالسيوم فى النبات عن M82. وقد تميزت تلك السلالة — كذلك — ببطء معدل نمو ثمارها، وزيادة محتواها من الكالسيوم خلال مراحل نموها الأولى؛ الأمر الذى قد يكون له علاقة بانخفاض إصابتها بتعفن الطرف الزهرى (Watanabe وآخرون ٢٠٢١).

هذا.. وترتبط ظاهرة تعفن الطرف الزهرى فى ثمار الطماطم بتراكم فى العناصر النشطة فى الأكسدة، وزيادة فى نشاط البيروكسيديز ومحتوى بادئ اللجنين. وتبين

حدوث زيادة فى محتوى فوق أكسيد الأيدروجين فى النسيج المتأثر بتعفن الطرف الزهرى والنسيج المجاور له. وفى نفس الوقت حدث فى تلك الأنسجة انخفاض جوهرى فى نشاط الكاتاليز، وزيادة فى نشاط ferulic acid peroxidase. وأظهر تحليل اللجنين زيادة محتواه فى النسيج المتأثر بتعفن الطرف الزهرى مقارنة بمحتواه فى الثمار السليمة. ويعنى ذلك حدوث لجننة أثناء الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وذلك من خلال مسار ينظمه الـ peroxidase (Reitz & Mitcham ٢٠٢١)

التشقق

أُجريت بعض التحاليل على نسيجى الإبيكارب والميزوكارب فى قمة ووسط وقاعدة ثمار سلالتين من الطماطم: المقاومة للتشقق LA1698، والقابلة للإصابة LA2683، تبين منها أن أعلى مستوى من العناصر المحبة للأكسدة ROS، ومن درجات أكسدة الدهون بالأغشية الخلوية كانت فى نسيج البيريكارب pericarp بقمة ثمار السلالة القابلة للإصابة، كما انخفض فى ذلك النسيج من ثمار هذه السلالة نشاط السوبرأوكسيد ديسميوتيز والأسكوربيت بيروكسيديز والجلوتاثيون رِدكتيز، ومحتوى حامض الأسكوربك، وارتفع فيها محتوى البولى فينولات عما فى ثمار السلالة المقاومة. ويبدو أن تلك التغيرات فى السلالة القابلة للإصابة هى التى ساعدت فى إحداث أضرار الأكسدة بالخلايا؛ مما أدى إلى إحداث التشققات بقمة الثمار. ويعنى ذلك أن أيض الـ ROS فى البيريكارب بقمة الثمرة قد يلعب دورًا هامًّا فى تشقق الثمار (Zhang وآخرون ٢٠٢٠).

لفحة الشمس

من المعروف أن الـ mycosporine-like amino acids (اختصارًا: MAAs) توفر حماية للكائنات المائية من الأشعة فوق البنفسجية، وقد دُرِس تأثير المعاملة بمستحلب دهنى يحتوى على MAAs قبل الحصاد على الحماية من لفحة الشمس. واستخدم لذلك مستحلب يحتوى على شمع الكارنوبا carnoauba wax، وأيدروكسيد الأمونيوم؛ حيث كان ثابتًا ومشابهًا للشمع التجارى، واستُخدم المنتج التجارى Helioguard TM

365 كمصدر للـ MAA بتركيزات تراوحت بين ١٪، و٢٪ (حجم/حجم). ولقد وُجد أن دمج الـ MAA بالمستحلب لم يؤثر على ثباته؛ ووفر زيادة فى ادمصاص الأشعة فوق البنفسجية ب UV-B بقمة عند طول موجى تراوح بين ٢٨٠، و٣٠٠ نانوميتر؛ ومن ثم فإن المستحلب المحتوى على MAAs يمكن استعماله كحاجر كيميائى للحماية من لفحة الشمس فى الخضر (Pedrosa وآخرون ٢٠٢١).

الكتف الأصفر

يظهر العيب الفسيولوجى الكتف الأصفر yellow shoulder على ثمار الطماطم فى الحرارة العالية (٣١ْ) بمعدلٍ أعلى من ظهوره فى الحرارة المعتدلة (٢٠ْم) عند تساوى امتصاص البوتاسيوم فى الحالتين. هذا إلاّ إن ظهور الكتف الأصفر أظهر ارتباطًا جوهريًّا سالبًا وخطيًّا مع امتصاص البوتاسيوم فى ٣١ْم، لكن لم يظهر ذلك الارتباط فى ٢٢ْم، كما لم يظهر الارتباط مع امتصاص عناصر أخرى — وتبين أن الإصابة بالكتف الأصفر تنخفض جوهريًّا بزيادة توفر الفوسفور أو البوتاسيوم أو كلاهما فى ٣١ْم (Zhang وآخرون ٢٠١٨).

ظاهرة الـ intumescence فى الزراعات المحمية

أدى تعريض نباتات الطماطم النامية فى البيوت المحمية للأشعة فوق البنفسجية B (أو UV-B) إلى الحد من ظاهرة النموات المتدرنة المائية (الـ intumescence) بصورة خطية تناسبت مع زيادة جرعة التعريض للأشعة. وتتحقق جرعة الـ UV-B المناسبة باستخدام لمبات فلورسنتية من طراز T12 فى الإضاءة، وهى التى ينبعث منها قدرًا أكبر من الـ UV-B (Kubota وآخرون ٢٠١٧).

الفصل الثانى

الفلفل

فسيولوجيا إنبات البذور

يُفيد ترك ثمار الفلفل لأيام قليلة بعد حصادها وقبل استخلاص البذور منها فى زيادة نضج البذور، وزيادة نسبة إنباتها سواء أكانت الثمار عند حصادها خضراء مكتملة التكوين، أم حمراء ناضجة. وتُعرف هذه العملية باسم in situ priming (Sanchez وآخرون ١٩٩٣).

وقد أدت معاملة بذور الفلفل بالكابسايسين بتركيزات وصلت إلى ١٥٠٠ جزء فى المليون إلى تأخير فى إنباتها مع خفض فى نسبة الإنبات، وربما يكون الكابسايسين هو السبب فى الإنبات البطئ لبعض أصناف الفلفل الشِلى chili (Barchenger & Bosland ٢٠١٦)

وأحدثت معاملة بذور الفلفل الشلى chilis بالحامض الأمينى الليوسين L-leucine بتركيز ٥٠ مللى مول لمدة ثلاث ساعات أكبر زيادة فى نسبة الإنبات (٨٩٪) وقوة نمو البادرات، وتلاها فى التأثير معاملات بأحماض أمينية أخرى، هى: الأيزوليوسين، والميثيونين، والفينيل آلانين، والبرولين. وقد أعطت معاملة النباتات بالليوسين أعلى حماية جوهرية من الإصابة بالفطر *Colletotrichum capsici* مسبب مرض الأنثراكنوز (٦٥٪)، وتلتها المعاملة بالبرولين (٦٢٪)، مع ضرورة مرور أربعة أيام بعد المعاملة قبل التعرض للفطر لإعطاء الفرصة لبناء أعلى مقاومة ضد الفطر المرض.

كذلك أحدثت المعاملة تحسنًا فى دلائل النمو الخضرى.

وأحدثت المعاملة بالليوسين أعلى نشاط لإنزيمى الفينينل آلانين أمونيا لاييز، والبيروكسيديز، وفى المحتوى الفينولى الكلى، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول (Abhayashree وآخرون ٢٠١٦).

وأدت معاملة بذور الفلفل بالشيتوسان أو بالترطيب المائى hydropriming إلى تحفيز سرعة الإنبات، وزيادة معدل نمو البادرات وبزوغها فى شدِّ البرودة. وأدت معاملة الشيتوسان إلى زيادة نشاط إنزيم الشيتيينيز فى البذور والبادرات. كذلك أدت كل معاملات البذور بالشيتوسان، أو بحامض الخليك، أو بالبينوميل Benomyl، أو بالماء المقطر — ثم تجفيفها إلى مستوى رطوبتها الابتدائى — إلى إحداث زيادة جوهرية فى نشاط إنزيم الجلوكانيز glucanase. وربما تفيد زيادة نشاط الشيتنيز والجلوكانيز فى البذور والبادرات فى حماية البادرات من الإصابة بالأمراض الفطرية — بحثها للمقاومة الجهازية المكتسبة — وذلك فى ظروف البرودة والرطوبة الأرضية العالية (Samarah وآخرون ٢٠٢٠).

فسيولوجيا الشتلات ووسائل الحد من نموها السريع

يُستخدم كل من اليونى كونازول uniconzole وحامض الأبسيسك abscisic acid فى معاملة شتلات الخضر لأجل الحد من نموها السريع؛ الأمر الذى يسمح بجعلها فى الحجم الأمثل للشحن والشتل، ويُعطى مرونة فى تسويقها. وبينما يعمل حامض الأبسيسك على تثبيط النمو الخضرى بحثَّ استجابات تأقلم على الشدِّ، فإن اليونى كونازول يؤثر فى النمو الخضرى من خلال تثبيط تمثيل حامض الجبرليك.

عُوملت شتلات الفلفل قبل الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل بفترات مختلفة بكل من حامض الأبسيسك بتركيز ٣٫٨ مللى مول، واليونى كونازول بتركيز ٣٤ ميكرومول. أحدث الرش بحامض الأبسيسك تثبيطًا فى استطالة الساق؛ وهو التأثير الذى توقف بعد ٧ أيام من الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل، بينما استمر تأثير اليونى كونازول المثبِّط لمدة ٢٠ يومًا أو نحو ١٦ يومًا من الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل، وكان التقصير فى طول الساق بنسبة ١٥٪. وقد ثبطت معاملة حامض الأبسيسك تراكم المادة الجافة فى النمو الخضرى والجذور؛ الأمر الذى لم يحدث فى معاملة اليونى كونازول.

وبدا واضحًا أن معاملة اليونى كونازول تُفيد فى إنتاج شتلات مندمجة، بينما تُفيد

معاملة حامض الأبسيسك فى إطالة فترة تسويق الشتلات، ولم يتجاوز تأثيرها فى تثبيط الكتلة البيولوجية للشتلات أكثر من ٩٪ إلى ١٢٪ عند ٧–٨ أيام قبل الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل، وتوقف هذا التأثير قبل ١٤–١٦ يومًا من الموعد المتوقع لجاهزيتها للشتل. وكان أفضل توقيت للمعاملة بحامض الأبسيسك هو قبل الموعد المتوقع لجاهزية الشتلات للشتل بنحو ٧ أو ٥ أيام، لكن هذا الموعد صاحبه اصفرار بالأوراق، وكان الموعد المثالى هو قبل جاهزيتها للشتل بثلاثة أيام (Agehara & Leskovar ٢٠١٥).

وعندما عُومِلت شتلات الفلفل بالرش الورقى بحامض الأبسيسك بتركيز ٠,١ أو ١,٠ مللى مول لمدة ٥، و١٠ أيام، و١٥ يومًا متتاليًّا، ظهر تأثير مُثبط للمعاملة بحامض الأبسيسك على صافى البناء الضوئى، وتوصيل الثغور بعد التعرض لحامض الأبسيسك لمدة خمسة أيام بمعدل ١,٠ مللى مول، وبعد التعرض له لمدة ١٥ يومًا بمعدل ٠,١ مللى مول، ١,٠ مللى مول. وسرعان ما استعادت النباتات نشاطها فى البناء الضوئى بعد توقف المعاملة. وحدثت زيادة وقتية فى الجهد المائى للبادرات مع المعاملة بحامض الأبسيسك. وبعد ١٧ يومًا من بداية التجربة انخفض عدد الثغور على السطحين العلوى والسفلى للأوراق عندما أُجريت المعاملة بمعدل ١,٠ مللى مول، مقارنة بمعدل ٠,١ مللى مول. وأحدثت المعاملة بمعدل ١,٠ مللى مول خفضًا فى وزن الورقة وعدد الأوراق، مع زيادة التأثير بزيادة فترة التعرض لحامض الأبسيسك. وبينما لم يتأثر الوزن الجاف للساق بتركيز ٠,١ مللى مول، فإنه انخفض بنحو ٣٠٪ بعد المعاملة بتركيز ١,٠ مللى مول لمدة ١٥ يومًا. وحدثت زيادة فى طول الجذور مع المعاملة بتركيز ١,٠ مللى مول لمدة ٥ أو ١٥ يومًا؛ بما يعنى حدوث زيادة فى الجذور الرفيعة (Ban وآخرون ٢٠١٧).

دور العوامل البيئية فى التأثير على نمو وتطور الفلفل

تأثير حرارة الجذور

وُجد أن الحرارة المثلى للجذور فى المزارع المائية هى ٢٣ °م؛ حيث كان أعلى محصول مع حرارة جذور ٢٣–٢٨ °م، كما كان أعلى محتوى من فيتامين ج فى حرارة

جذور ٢٣ ْم هذا.. وكان محتوى الفوسفات أقل فى كلٍ من حرارة جذور ١٣، و٣٣ ْم (Kim وآخرون ٢٠٠١)

سقوط الأزهار والثمار وضعف العقد

كثيرًا ما تسقط براعم وأزهار وثمار الفلفل الصغيرة؛ مما قد يؤدى إلى دورات فى عقد الثمار. وأكثر المراحل حساسية للفشل والسقوط هى البراعم الصغيرة جدًّا (٢٫٥ مم)، والبراعم القريبة من التفتح، والأزهار، والثمار حتى عمر ١٤ يومًا من العقد.

وتؤدى الإضاءة القوية، وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون، وخفض الكثافة النباتية إلى زيادة توفر المواد الغذائية المجهزة بالنبات، وتقليل سقوط البراعم والأزهار والثمار الصغيرة.

إن عقد الثمار فى دورات يكون بسبب حدوث تغيرات فى الطلب على المواد الغذائية المجهزة. ويزداد سقوط الأزهار عند تواجد ثمار سريعة النمو (بعمر حوالى ثلاثة أسابيع)، نظرًا لمنافستها للبراعم على الغذاء. ويزداد عقد الثمار عندما تُصبح الثمار السريعة النمو مكتملة النمو تقريبًا ويقل طلبها على الغذاء المجهز.

وقبل السقوط يقل انتقال الأوكسين من الأجزاء التكاثرية، ويزداد إنتاج الإثيلين، ويقل نشاط الإنزيمات التى تحلل السكريات.

ومن العوامل الأخرى التى تزيد من حالات السقوط: النقص الرطوبى الشديد، وعدم توفر العناصر المغذية، وانخفاض الحرارة ليلاً وارتفاعها نهارًا؛ لما لذلك من تأثير سئ على تكوين وحيوية حبوب اللقاح (Wubs وآخرون ٢٠٠٩).

هذا.. وتسقط الأزهار فى الفلفل — غالبًا — نتيجة لتعرضه لظروف شد بيئى، مثل الشدِّ الحرارى (حرارة تزيد عن ٣٥ ْم)، وشدِّ البرودة (حرارة تقل عن ١٠ ْم)، والشدِّ الجفافى، والتظليل (كما قد يحدث فى الزراعات المحمية)، والحمل المحصولى الغزير الزائد عن قدرة النبات على حمل المزيد. كذلك فإن بعض الإصابات الحشرية والفيروسية تُسهم فى سقوط الأزهار.

ويحدث سقوط الأزهار فعليًّا بسبب عدم حيوية حبوب اللقاح أو غيابها، أو عدم حيوية البويضات، وتلك تشوهات تحدث نتيجة الشدِّ أو التعرض للمشاكل الحشرية والمرضية.

تزيد كفاءة التلقيح فى ساعات الصباح، وتنخفض بعد الظهيرة حينما تزداد حالات الشدِّ الحرارى وشدِّ الجفاف (UG ٢٠٠٩)

وقد حدث انخفاض فى نسبة عقد ثمار الفلفل عندما تعرضت البراعم الزهرية الأقل من ٢,٥ مم طولاً (وهى المرحلة التى تتزامن مع الانقسام الميوزى للخلية الأمية لحبة اللقاح لتكوين الـ tetrad)، والأزهار التى بلغت مرحلة التفتح أثناء ارتفاع الحرارة، وذلك عندما كان تعرضها لحرارة ٣٣ °م لمدة ٤٨ أو ١٢٠ ساعة. كذلك فإن البراعم الزهرية الأقل من ٢,٥ مم طولاً أنتجت حبوب لقاح منخفضة الحيوية عندما تعرضت لحرارة ٣٣ °م لمدة ١٢٠ ساعة. وأظهر الفحص المورفولوجى أن الـ tetrad تكوَّن، لكن الجراثيم الذكرية الصغيرة ظلت صغيرة ومتجمعة معًا دون أن تكوِّن جدارًا خارجيًّا exine سميكًا. أما التعرض للحرارة العالية فى مرحلة لاحقة لذلك — قبل تفتح الزهرة — فإنه لم يؤثر على حيوية أى من متاع الزهرة أو أسديتها، لكن التعرض للحرارة العالية بعد التلقيح منع عقد الثمار؛ بما يعنى أن عملية الإخصاب حساسة — كذلك — للشدِّ الحرارى (Erickson & Markhart ٢٠٠٢).

نمو وتطور تكوين الثمرة

ازداد الوزن الطازج للمبيض وقُطره وطُوله — فى كل طرز وأصناف الفلفل التى دُرست — فى نظام حرارى٢٢/١٢ °م (نهار/ليل) مقارنة بنظام ٢٢/٢٠ °م. وكانت الزيادة فى الوزن الطازج للمبيض مردها للزيادة فى الوزن الطازج لكل من جدار المبيض والمشيمة. ولقد لزم مرور ٣–٤ أسابيع للوصول إلى أعلى استجابة فى زيادة الوزن الطازج للمبيض؛ بما يعنى ضرورة بدء التعرض لحرارة الليل المنخفضة خلال الأسبوع الأول بعد بدء تنشئة البرعم الزهرى (Cruz-Huerta وآخرون ٢٠١١).

ولقد أدى تعريض نباتات الفلفل لحرارة عالية (٣٨/٣٠ْم – نهار/ليل) بعد تفتح الأزهار مباشرة ولمدة ١٠ أيام إلى زيادة نسبة البذور غير الطبيعية بالثمار، وأدى التعريض لتلك الظروف ابتداء من اليوم العاشر بعد تفتح الأزهار حتى اليوم الثلاثين إلى تثبيط تراكم المواد الكربوهيدراتية فى البذور؛ مما أضرَّ بقدرة البذور على الإنبات وبقوة إنباتها (Pagamas & Nawata ٢٠٠٨).

تأثير ألوان الطيف

يلعب نشاط صبغات الفيتوكروم دورًا كبيرًا فى تحديد الصفات المورفولوجية. وقد وُجد فى الفلفل أن التعرض للضوء الأخضر يؤثر فى اتساع الأوراق وزيادة مساحتها عن التعرض للأشعة تحت الحمراء. أما الضوء الأزرق فقد لعب دورًا هامًّا فى تقليل طول النبات، وزيادة سمك الساق، وفى توجيه المادة الجافة نحو الأوراق، وزيادة حالة إندماج النمو (Claypool & Lieth ٢٠٢١).

تأثير الأغطية البلاستيكية للتربة

قُورن استخدام الغطاء البلاستيكى الأسود والفضى للتربة فى إنتاج الفلفل فى العروتين الربيعية والخريفية فى ولاية جورجيا الأمريكية، وكانت حرارة التربة فى منطقة نمو الجذور الأعلى تحت الغطاء البلاستيكى الأسود، والأقل تحت الغطاء الفضى، وذلك فى عروتى الزراعة، وكانت نسبة الإشعاع النشط فى البناء الضوئى المنعكس من الغطاء البلاستيكى الأعلى فى حالة البلاستك الفضى والأقل فى حالة البلاستك الأسود، كما انخفضت الحرارة فى منطقة نمو الجذور بزيادة نسبة الإشعاع المنعكس. هذا.. ولم يكن للون الغطاء البلاستيكى تأثيرًا جوهريًّا على عدد أفراد التربس/زهرة أو على الإصابة بفيرس ذبول الطماطم المتبقع. وقد كان المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق أعلى فى معاملة الملش الفضى وأقل فى حالة الملش الأسود فى الخريف، بينما حدث العكس فى الربيع. وغالبًا.. كان الانخفاض فى النمو النباتى ومحصول الثمار فى حالة الغطاء الأسود فى الخريف مرده إلى زيادة حرارة التربة فى منطقة نمو الجذور؛ ومن ثم زيادة

الشدِّ الحرارى، مقارنة بما حدث فى حالة البلاستيك الفضى. وقد وُجد أن محصول الثمار ينخفض مع ارتفاع متوسط حرارة منطقة نمو الجذور الموسمى عن ٢٧,٥ ْم، وتراوح المجال المناسب بين ٢٥، و٢٧,٥ ْم (Diaz-Pérez ٢٠١٠).

تأثير معاملات الرى والتسميد

الـــرى

أمكن خفض معدل الرى (عندما أُجرى الرى بطريقة التنقيط مع استعمال غطاء بلاستيكى أسود للتربة) إلى نحو ٧٠٪ من النتح التبخرى دون التأثير على محصول الثمار، بينما خفَّضت تلك المعاملة من صافى البناء الضوئى وتوصيل الثغور، وزادت من نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى. أما زيادة معدل الرى إلى ١٦٧٪ من النتح التبخرى فإنها أدت إلى زيادة الإصابة بأمراض الجذور وانخفاض محصول الثمار (Diaz-Pérez & Hook ٢٠١٧).

التسميد

عندما سُمِّدت نباتات الفلفل بالنيتروجين بمستويات: شديدة الانخفاض، وتقليدية، وشديدة الارتفاع، وُجد ما يلى:

١- حدث أكبر نمو خضرى وأعلى محصول فى مستويات النيتروجين التقليدية والعالية جدًّا.

٢- خفَّضت مستويات النيتروجين التقليدية والعالية جدًّا من كثافة أطوال الجذور.

٣- لم تكن كثافة أطوال الجذور كافية – فى حالة النقص الشديد للنيتروجين — لأجل تراكم المادة الجافة والمحصول، على الرغم من زيادتها كثيرًا فى ذلك المستوى من التسميد الآزوتى مقارنة بالتسميد التقليدى.

٤- انخفضت كثافة أطوال الجذور بزيادة معدل التسميد الآزوتى.

٥- ارتبطت كثافة أطوال الجذور سلبيًّا مع كلٍّ من المادة الجافة بالنموات الخضرية،

وامتصاص المحصول للنيتروجين، والمحصول، والنيتروجين المتبقى فى التربة فى نهاية موسم النمو (Grasso وآخرون ٢٠٢٠).

وقد ازداد محتوى ثمار الفلفل *C. annuum* من الكابسايسينويدات مع نقص عنصر البوتاسيوم، بينما أدى نقص الكبريت إلى خفض المحتوى (da Silva وآخرون ٢٠٢١).

تأثير منظمات النمو

يُستخدم حامض الجبريلك فى الولايات المتحدة على نطاق واسع فى تحسين النمو النباتى للفلفل، وذلك بالرش مرة أو مرتين بمعدل ١–٣ جم من المادة الفعالة/فدان فى ١٠٠–٢٠٠ لتر ماء/فدان بفاصل أسبوعين بين الرشتين. تجب بداية الرش بعد أسبوعين من الشتل. ويفيد هذا الإجراء — خاصة — عندما يسود الجو حرارة منخفضة بعد الشتل.

كذلك يستعمل حامض الجبرلليك فى تحسين عقد الثمار ونموها. يُجرى لأجل ذلك رشة أو رشتان بمعدل ١–٣ جم من المادة الفعالة/فدان فى ١٠٠–٢٠٠ لتر ماء/فدان على فترات أسبوعية خلال الإزهار. ويوصى بالتركيز الأعلى مع الأصناف وفى المناطق التى توجد بها مشاكل فى عقد الثمار. ولتحفيز نمو الثمار يُعامَل بحامض الجبريلك فى بداية مرحلة الحصاد بجرعة الثلاثة جرامات (عن UG ١٩٩٠).

وقد أحدث الرش الورقى للفلفل بأى من حامض الجبريلك أو حامض الأبسيسك انخفاضًا فى المحصول، وإن كانت المعاملة بحامض الجبريلك أحدثت زيادة فى ارتفاع النبات وفى مستويات التيروزين، والفوسفات، والكبريتات، والحديد، والفوسفور، بينما قللت من كميات الجلوكوز والفراكتوز وبالمقارنة.. لم تُحدِث المعاملة بإندول حامض الخليك أى تأثير مقارنة بالكنترول. وأدت المعاملة بحامض الأبسيسك إلى خفض مستوى السكروز، وزيادة مستوى الحديد. وأحدثت المعاملة بحامض الجبريلك تحسنًا فى صفات جودة الثمار دون إحداثها لأى تأثير جوهرى على المحصول (Pérez-Jiménez وآخرون ٢٠١٥).

وأدت زيادة تركيز اليونى كونازول uniconazole الذى رُشَّت به نباتات الفلفل الجالابينو Jalapeno حتى ٥ مجم/لتر إلى الحد من النمو الرأسى للنباتات، ومع زيادة التركيز المعامل به إلى ١٠ مجم/لتر انخفضت أعداد الثمار المنتجة بنسبة ٥٠٪ ووزنها الكلى بنسبة ٣٠٪ (Villavicencio وآخرون ٢٠١٥).

وتبين أن منع التلقيح الذاتى ومعاملة الأزهار بنفثالين حامض الخليك لتحفيز العقد البكرى فى الفلفل الحلو قلل من التقلب فى المحصول ومن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Heuvelink & Korner ٢٠٠١).

ولدى مقارنة نمو وتطور ثمار الفلفل البذرية التى عقدت طبيعيًّا بنمو وتطور الثمار البكرية العقد التى تم خصى أزهارها وعُومِلت بنفثالين حامض الخليك، تبين ما يلى:

١- كانت الثمار عديمة البذور أقل جوهريًّا فى الحجم والوزن الطازج عن الثمار البذرية.

٢- وصلت الثمار عديمة البذور إلى أقصى حجم ووزن طازج لها فى طور اكتمال التكوين الأخضر، بينما استمرت الثمار البذرية فى الزيادة فى الحجم والوزن الطازج حتى طور النضج الأحمر.

٣- كانت الثمار غير البذرية أقل اخضرارًا فى طور التكوين الأخضر، ولكنها كانت أكثر احمرارًا فى طور التكوين الأحمر عن الثمار البذرية.

٤- كان معدل التنفس أعلى فى الثمار البكرية فى جميع مراحل تكوينها ونضجها.

٥- كان للنشاط الأيضى للبذور تأثيرًا على تركيب الهواء داخل الثمرة البذرية، حيث ازداد فيه تركيز ثانى أكسيد الكربون فى طورى التكوين الأخضر وبداية التلوين عما فى الثمار البكرية العقد، ولكن كان تركيز ثانى أكسيد الكربون متماثلاً فى نوعى الثمار عند طور النضج الأحمر.

٦– كذلك بدا أن البذور تؤثر فى تركيز الإثيلين فى تجويف الثمار، حيث كان تركيزه أعلى فى الثمار البذرية عما فى الثمار البكرية العقد (Thanopoulos وآخرون ٢٠١٣).

تأثير معاملات منشطات النمو الحيوية

أدى الرش الورقى لنباتات الفلفل بالأحماض الأمينية وبمستخلص الطحلب البحرى *Ascophyllum nodosum* إلى إحداث زيادة جوهرية فى كلٍّ من ارتفاع النبات، ومتوسط قطر الثمرة، وسمك جدار الثمرة، ومتوسط وزن الثمرة، مع تحسين خصائص الثمار بعد الحصاد؛ مما أدى إلى زيادة قدرتها التخزينية (Khan وآخرون ٢٠١٨).

وعندما عُومِلت نباتات ثلاثة أصناف من الفلفل الحلو الأحمر الثمار (هى: Barbero، و Ferrari، و Imperio) تحت ظروف الزراعة المحمية بالرش الورقى بكلٍّ من الحامض الدبالى humic acid، وحامض السلسيلك salicylic acid بتركيز صفر، و٠,٥، و١,٠، و١,٥ جم/لتر بعد ٢٠، و٤٠، و٦٠ يومًا من الشتل، فإن المعاملة بأى من الحامضين أحدثت زيادات جوهرية فى النمو الخضرى، ومحصول الثمار، وصفات الجودة فى كل الأصناف. هذا إلا إن معاملة الرش الورقى بحامض السلسيلك كانت أكثر فاعلية عن معاملة الرش بالحامض الدبالى. أظهرت جميع الأصناف التى عُومِلت بالرش الورقى بحامض السلسيلك بتركيز ١,٥ جم/لتر أكبر نمو خضرى وأعلى محصول للثمار وكذلك أعلى عدد للثمار وقطر ووزن طازج وجاف للثمار، ومحتوى من فيتامين ج ومواد صلبة كلية ذائبة، وحموضة معايرة، وسكر كلى عن نباتات جميع المعاملات الأخرى. وأظهرت نباتات الصنف Ferrari التى عُومِلت بالرش الورقى بحامض السلسيلك بتركيز ١,٥ جم/لتر أعلى وزن للثمرة (٢٠٢,٤١ جم)، وسمك للثمرة (٦٨ مم). ولقد أحدثت هذه المعاملة — كذلك — زيادات فى المحصول الكلى بنسبة ٢٧,٧٪، و١٥,٩٪، و١٧,٩٪ فى الأصناف Barbero، و Ferrari، و Imperio، على التوالى (Ibrahim وآخرون ٢٠٢٠).

وفى دراسة على *Capsicum chinense* وجد أن المعاملة بالبكتيريا *Beauveria brongniartii* كان لها تأثير إيجابى على إذابة الفوسفور، وإنتاج إندول حامض الخليك، والـ siderophores، والنمو النباتى، وجودة الثمار، ومحتوى النمو الخضرى من النيتروجين (Toscano-Verduzco وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير حالات الشدِّ البيئى على صفات الجودة

الشد الحرارى

تحتوى ثمار الفلفل المنتجة فى ظروف الشدِّ الحرارى على قدر أكبر من مضادات الأكسدة عما تحتويه تلك المنتجة فى الظروف الأقل حرارة (Yasuor وآخرون ٢٠١٥).

الشدِّ الرطوبى

أدى تعريض نباتات الفلفل من طراز الهابانيرو Habanero (وهو يتبع النوع *Capsicum chinense*) لشدٍّ رطوبى إلى زيادة تركيز الكابسايسين capsaicin، والـ dihydrocapsaicin بالثمار (Ruiz-Lau وآخرون ٢٠١١).

ودُرس تأثير شدِّ الجفاف خلال مراحل مختلفة من تكوين الثمار فى ١٢ صنفًا من الفلفل الحريف تتباين فى مستوى حرافتها على محتوى ثمارها من الكابسايسينويدات capsaicinoids، ووجد أن شد الجفاف يؤدى إلى زيادة محتوى الثمار من الكابسايسينات فى جميع الأصناف فيما عدا تلك التى كانت شديدة الحرافة ابتداءً فى محتواها من الكابسايسينويدات (Phimchan وآخرون ٢٠١٢).

شد الملوحة

أدى تعريض نباتات الفلفل لشدٍّ ملحى بلغ ٥٠، و١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم لمدة ٢١ يومًا إلى الحد كثيرًا من النمو النباتى بسبب الانخفاض الذى أحدثه الشدِّ الملحى فى معدل البناء الطولى، وتراكم للصوديوم فى الأوراق. وكان للملوحة العالية تأثيرًا أكبر على الثمار منه على الأوراق، ولقد أحدث الشدِّ الملحى زيادة جوهرية فى أكسدة الدهون

(كما ظهرت من قياس محتوى الـ malondialdehyde)، ولكنها قللت من نشاط السوبر أوكسيد ديسميونيز فى كل من الثمار والأوراق، على الرغم من أن التأثير كان أقوى فى الثمار. وأدى مستوى الشدِّ الملحى العالى (١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم) إلى خفض مستوى حامض الأسكوربيك وكان هذا التأثير أقوى فى الثمار عما فى الأوراق، كما أظهر مستوى حامض الأسكوربيك علاقة عكسية مع تركيز الصوديوم فى كل من الأوراق والثمار (Azuma وآخرون ٢٠١٠).

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

تعفن الطرف الزهرى

تبدأ إصابة ثمار البابريكا بتعفن الطرف الزهرى فى مرحلة مبكرة جدًّا من النمو، وهى بقطر ١,٥ — ٣,٥ سم فى حرارة تزيد عن ٣٠ °م ورطوبة نسبية تقل عن ٦٠٪. وبخفض حرارة وسائد الصوف الصخرى (فى الزراعات اللاأرضية) إلى ١٧ °م أمكن تقليل الإصابة بتعفن الطرف الزهرى؛ علمًا بأنه فى ظل ذلك الانخفاض فى حرارة الجذور احتوى الجزء القاعدى والجزء القمى من الثمار على تركيزات من الكالسيوم تزيد بمقدار ١١٪، و٤٣٪ – على التوالى — عما فى الأجزاء الثمرية المماثلة بالنباتات التى لم تُبرد (Benoit & Ceustermans ١٩٩٩).

وتكون بداية ظهور أعراض تعفن الطرف الزهرى — عادة — عندما تبلغ الثمار حوالى ١/٣ إلى ٢/٣ حجمها الكامل. وتكون بداية الأعراض ظهور بقعة صغيرة مائية المظهر عند الطرف الزهرى للثمرة أو قريبًا منه. تتسع هذه البقعة تدريجيًّا فى المساحة مع الوقت وتُصبح جافة وغائرة أو مسطحة، وبنية أو سوداء، وورقية أو جلدية الملمس. وقد تحدث فى تلك البقعة إصابات ثانوية فطرية أو بكتيرية؛ مما يؤدى إلى عفن الثمرة.

تزداد الإصابة بتعفن الطرف الزهرى خلال فترات الجفاف الطويلة، أو عندما يسقط مطر غزير بعد فترة طويلة من الجفاف، أو عندما تكون حالة التربة لا تسمح بامتصاص الكالسيوم.

وتؤدى جميع الظروف التى تحد من امتصاص الجذور للرطوبة — ومن ثم تحد من امتصاصها للكالسيوم — إلى زيادة التعرض للإصابة بتعفن الطرف الزهرى. ومن بين الظروف التى تحد من امتصاص الجذور للماء والكالسيوم: الإصابة بأعفان الجذور الفطرية والنيماتودا، وقلة الرى، وتقطيع الجذور بسبب العزيق غير المناسب، واندماج التربة، وزيادة الرى عما ينبغى، وكذلك الإفراط فى التسميد.

إن النمو الخضرى الغزير يمكن أن يزيد من حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى؛ ذلك لأن النمو الخضرى الزائد قد يحجب الكالسيوم عن الثمار. ونظرًا لأن الكالسيوم لا ينتقل من الأوراق السفلى إلى العليا الحديثة، فإن الثمار الصغيرة تعد حساسة لنقص الكالسيوم.

هذا.. وتتنافس بعض العناصر مع الكالسيوم على الامتصاص؛ مما يزيد من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ومن هذه العناصر البوتاسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والنيتروجين الأمونيومى، والأخير هو الأكثر تأثيرًا (UG ٢٠٠٩).

وبينما تظهر أعراض تعفن الطرف الزهرى فى قمة الثمار الناقوسية والمستديرة عند طرفها الزهرى، فإنها تظهر على جانب من الثمرة عند طرفها الزهرى فى أصناف الشيلى.

وتكون الأصناف ذات الثمار الطويلة أكثر عرضة للإصابة عن الأصناف القصيرة والناقوسية.

إن من أهم الظروف التى تحد من امتصاص الكالسيوم هى:

١- زيادة توفر وتيسر النيتروجين والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم.

٢- شدِّ الجفاف.

٣- شد التشبع الدائم للتربة بالماء.

٤- شدِّ الملوحة (Goldberg ٢٠١٣).

وتنخفض معدلات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى ثمار الفلفل بزيادة كلا من معدلات الرى والتسميد بالكالسيوم (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠١).

تبدو أجزاء الثمرة المصابة بتعفن الطرف الزهرى بلون رصاصى، وكثيرًا ما تختلط الإصابة بأعراض لسعة الشمس التى تبدو فيها الأنسجة المتأثرة بيضاء اللون. ولا تقتصر الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى الفلفل على الطرف الزهرى للثمرة فقط، وإنما قد تظهر — كذلك — على جوانب الثمرة بالقرب من الطرف الزهرى.

تحدث الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عندما يزيد الطلب على الكالسيوم عن المتوفر منه؛ الأمر الذى قد يحدث عند انخفاض مستوى الكالسيوم فى التربة، أو عند وجود كاتيونات منافسة له فى التربة، أو فى حالات الشدِّ الرطوبى بالجفاف أو الغدق، أو عند غزارة النمو الخضرى بسبب غزارة التسميد الآزوتى.

لا يفيد كثيرًا الرش بالكالسيوم فى تخفيف شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى؛ بسبب ضعف امتصاصه وحركته إلى الأجزاء الثمرية التى تكون فى حاجة إليه (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠١).

وأدت إحاطة الثمار بهواء ذى رطوبة نسبية عالية (بإحاطتها بأكياس بوليثيلين تحتوى على ٥٠ جم من أى من كلوريد الكالسيوم أو كلوريد الصوديوم أو من البوليثيلين بدون أملاح، أو بتعريض الثمار لتيار من هواء رطوبته النسبية ٢٠٪ أو ٤٠٪ أو ٨٠٪).. أدت إلى خفض تراكم الكالسيوم بالثمار، وخاصة عند الطرف الزهرى؛ الأمر الذى كان مصاحبًا بإصابة أعلى بتعفن الطرف الزهرى. وبدا أن الإصابة بتعفن الطرف الزهرى ترتبط بتركيز الكالسيوم، وكذلك بنسبة الكالسيوم إلى كلٍ من المغنيسيوم والبوتاسيوم فى الطرف الزهرى للثمرة. ومن ناحية أخرى.. فإن الرطوبة النسبية المنخفضة حول الثمار حفَّزت تراكم الكالسيوم بها، وخاصة قرب اكتمال تكوينها. ولم يكن للرطوبة النسبية تأثيرًا على تراكم المغنيسيوم والبوتاسيوم بثمرة الفلفل. وأثرت الرطوبة النسبية على كتلة الثمرة عند اكتمال تكوينها (Tadesse وآخرون ٢٠٠١).

وعلى الرغم من تأكيد كل الدراسات التى أسلفنا بيانها على الدور الذى يلعبه نقص الكالسيوم فى ظهور أعراض تعفن الطرف الزهرى، فإن Saure (٢٠١٤) أوضح — كما سبق أن بيناه تحت الطماطم — أن نقص الكالسيوم ليس هو السبب فى الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ولكنه يحدث نتيجة للإصابة بذلك العيب الفسيولوجى فى كلٍ من الطماطم والفلفل. وفى الحقيقة.. لم يُشاهد النقص فى الكالسيوم الذائب فى الماء بالجدر الخلوية إلاّ بعد أن ظهرت أعراض تعفن الطرف الزهرى بوضوح، بينما فى الثمار التى كانت فى المراحل الأولى من تطور عفن الطرف الزهرى، كان توزيع تركيز أيون الكالسيوم مازال مماثلاً لما فى الثمار الصحيحة.

وكان من الواضح أن الأسباب الحقيقية لتعفن الطرف الزهرى هى الشدِّ البيئى؛ مثل شد الملوحة والجفاف وشدة الإضاءة العالية والحرارة والتغذية بالأمونيا، وهى الأمور التى تؤدى إلى زيادة العناصر المحبة للأكسدة، وإلى زيادة شد أكسدة عالٍ، وفى النهاية إلى موت الخلية. يؤدى موت الخلية إلى تفكك الغشاء الخلوى بالـ tonoplast وإلى تحلل الشبكة الإندوبلازمية، ومن ثم، فإن ذلك يؤدى إلى تسرب الأيونات، بما فى ذلك أيون الكالسيوم، وتفقد الخلايا لامتلائها.

وقد أدى عقد ثمار الفلفل بكريًّا (بمنع التلقيح الذاتى عنها ومعاملة المياسم بنفثالين حامض الخليك) إلى إحداث التأثيرات التالية:

١- كان عقد الثمار والإنتاج أكثر انتظامًا، ولم تحدث ظاهرة الـ flushing، وهى ظاهرة تناوب فترات من الإنتاج مع فترات من عدم الإنتاج.

٢- كانت الإصابة بتعفن الطرف الزهرى شبه معدومة فى الثمار البكرية العقد مقارنة بالإصابة فى الثمار البذرية المنتجة تحت نفس الظروف (Heuvelink & Korner ٢٠٠١).

وللحد من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، يراعى ما يلى:

١- زراعة الفلفل فى تربة جيدة الصرف وتجنب الزراعة فى الحقول المشبعة بالرطوبة، مع الزراعة على مصاطب مرتفعة لضمان جودة الصرف.

٢- عدم الإفراط فى التسميد الأمونيومى أو بالبوتاسيوم أو المغنيسيوم عالى الذوبان.

٣- إجراء العزيق سطحيًّا، خاصة بعد عقد الثمار وفى الجو الجاف.

٤- المحافظة على تجانس الرطوبة الأرضية طوال موسم النمو، وخاصة أثناء نمو الثمار. ويُفيد استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة فى تجنب حالات الجفاف الشديد أو أضرار الأمطار الغزيرة.

٥- يفيد الرش بنترات الكالسيوم أو كلوريد الكالسيوم بمعدل ١,٥ — ٢ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء فى الحد من شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (UG ٢٠٠٩).

ولقد أظهرت دراسة على الفلفل الناقوسى أن وصول الكالسيوم للثمرة يستمر خلال كل مراحل نموها، وعليه فإن التسميد بالكالسيوم خلال مرحلة الإزهار وبداية نمو الثمار قد يمنع أو يحد من أضرار نقص الكالسيوم فى الثمار (Mayorga-Gómez وآخرون ٢٠٢٠).

لسعة الشمس

تظهر حالة لسعة الشمس نتيجة للتعرض المباشر لضوء الشمس والحرارة العالية، وتكثر الإصابة فى حالات التعرض المفاجئ لأشعة الشمس المباشر كما يحدث عند فقد بعض أوراق النبات نتيجة لإصابة حشرية أو لضرر ميكانيكى. كما يؤدى نقص النيتروجين بعد عقد الثمار إلى ضعف استمرار النمو الخضرى؛ مما يزيد من الإصابة بلسعة الشمس.

تكون أعراض الإصابة دائمًا فى جانب الثمرة المواجه للشمس، وذلك فى صورة بقع غير منتظمة الشكل فاتحة اللون منسفعة scalded. تُصبح الأجزاء المتأثرة غائرة أو مجعدة، وبلون أبيض كريمى مع تقدم الثمرة فى العمر. تجف تلك المساحات المتأثرة سريعًا فى الجو الحار، وتصبح ورقية ورقيقة. وقد تُكسب الإصابات الثانوية الفطرية أو البكتيرية للأجزاء المصابة من الثمار لونًا أسودًا أو رماديًّا أو أخضرًا متعفنًا.

وتفيد الإجراءات التالية فى الحد من الإصابة بلسعة الشمس:

١- زراعة الأصناف ذات النمو الخضرى الذى يغطى الثمار بشكل مناسب.

٢- مكافحة الحشرات التى تقضى على النموات الخضرية.

٣- الزراعة على المسافات المناسبة بين النباتات مع الزراعة فى خطوط مزدوجة، وتقليل مسافة الزراعة بين الخطوط والنباتات لتحسين الغطاء النباتى للثمار.

٤- تجنب تعريض النباتات لأى شد رطوبى أو لنقص التغذية (UG ٢٠٠٩).

تشققات أديم الثمرة

يؤدى تكرار انكماش وتمدد ثمرة الفلفل ليلاً ونهارًا إلى إضعاف طبقة أديم الثمرة ويتسبب ذلك فى إحداث تشققات بها (Yao وآخرون ٢٠٠٠).

التغيرات اللونية غير الطبيعية فى الثمار

من بين التغيرات اللونية غير الطبيعية التى قد تظهر على ثمار الفلفل، ما يلى:

١- ظهور لون أسود فى الجو البارد.

٢- ظهور بقع داكنة اللون بالثمار، وهى الظاهرة التى تعرف باسم stip. تحدث هذه الظاهرة فى بعض الأصناف دون غيرها، وتكون على صورة بقع رمادية ضاربة إلى البنى إلى مخضرة بالجدر الثمرية، ويزداد ظهورها عند نضج الثمار. ويبدو أن للظاهرة علاقة بنقص الكالسيوم فى الثمار، وإلى انخفاض نسبة الكالسيوم إلى كل من البوتاسيوم والمغنيسيوم.

٣- قد تؤدى وخزات الحشرات والإصابات الفيروسية إلى عدم انتظام تكوين الصبغات بالجدر الثمرية.

وتجدر الإشارة إلى أن تأخير حصاد قرون الفلفل إلى حين نضجها وتمام تلونها يتسبب فى نقص المحصول (Neibauer & Maynard ٢٠٠٧).

انفصال جلد الثمرة والتلون الفضى

تبين أن ظاهرة انفصال جلد الثمرة — التى يُطلق عليها اسم التلون الفضى silvering — فى ثمار الفلفل لا تتأثر بعوامل الإنتاج، وإنما هى ترتبط بالصنف المستعمل؛ حيث وُجد

أنها تزداد فى الأصناف المقاومة للفحة فيتوفثورا (التى يسببها الفطر *Phytophthora capsici*)، مثل الصنفين Alliance، و Camelot (Wyenandt وآخرون ٢٠١٧)

التنقيط أو الترقيش stibbling

يرتبط العيب الفسيولوجى الذى يُعرف بالتنقيط أو الترقيش stibbling بنقص الكالسيوم، وفيه تظهر بقع بقطر حوالى ٠,٥ سم على السطح الداخلى للجدر الثمرية عند اقترابها من اكتمال التكوين. تكون هذه البقع بلون بنى أو أسود ويقابلها على سطح الثمرة بقع خضراء أو صفراء. وقد يلعب البوتاسيوم — كذلك — دورًا فى هذه الظاهرة.. هذا وتتميز بعض الأصناف الحديثة بمقاومتها للظاهرة (UG ٢٠٠٩).

وتُعد ظاهرة التنقيط stibbling عيبًا فسيولوجيًّا يُصيب ثمار الفلفل الناقوسى خاصة، وكذلك الفلفل البيمنتو pimento وغيرهما من طرز الفلفل.

تظهر أعراض هذا العيب الفسيولوجى فى الثمار الناضجة كبقع بنية أو سوداء أو صفراء بيضية الشكل يبلغ طولها حوالى ١,٣ سم وعرضها ٠,٦ سم وتمتد من الجدار الثمرى الداخلى endocarp إلى الجدار الثمرى الوسطى mesocarp دون أن يكون لها ظهور واضح فى الأديم cuticle.

يزداد ظهور أعراض هذا العيب الفسيولوجى وشدته فى الأصناف المفتوحة التلقيح، وعند زيادة التسميد الآزوتى والتظليل (Fulton & Uchanski ٢٠١٧).

وأظهرت دراسة مقارنة بين الأنسجة المتأثرة بهذا العيب الفسيولوجى والأنسجة السليمة باستخدام المجهر الفلورسنتى والـ HPLC والـ GC-Ms.. أظهرت غياب الكلوروفيل وتميز المظهر الفلورسنتى فى النسيج المتأثر واختلافه جوهريًّا عن النسيج السليم فى ١٣ مركبًا أيضيًّا (١٣ مستقلب metabolite) (Fulton وآخرون ٢٠٢١).

احتراق أو انسفاع ساق الشتلات

تظهر الحالة التى تُعرف باسم التحليق الحرارى heat girdling، أو احتراق أو انسفاع الساق stem scald على نباتات الفلفل بعد ساعات قليلة من شتلها فى وجود غطاء بلاستيكى للتربة، ويظهر على صورة تلون رصاصى أو بنى فاتح بالساق أعلى الغطاء البلاستيكى مباشرة، ولا يلبث الساق أن ينهار ويسقط النبات، الذى قد يموت فى الحال أو يبقى راقدًا لأيام قليلة قبل أن يموت، وذلك تبعًا لشدة الحالة. هذا.. وعادة ما تتأقلم النباتات التى تُشتل قبل التاسعة صباحًا بكثير أو بعد الثالثة مساء بكثير على وضعها المائى بعد الشتل وتفلت من الإصابة (Vavrina ٢٠٠٨).

الفصل الثالث

الباذنجان

تأثير العوامل الجوية على النمو والتطور

بدراسة تأثير درجة الحرارة (بين ٧,٤، و٢٤,٢ °م) وشدة الإضاءة (بين ١,٩ ، و ٨,١ ميجاجول/م²/يوم) على عدد الأوراق التى تتكون قبل ظهور أول زهرة فى الباذنجان، وُجد أن عدد الأوراق انخفض بزيادة شدة الإضاءة، إلاّ أن تأثير الإضاءة فى هذا الشأن قل بانخفاض درجة الحرارة. وقد قل عدد الأوراق التى تسبق ظهور أور زهرة خطيًّا بانخفاض درجة الحرارة، وخاصة عند انخفاض شدة الإضاءة، لكن لم يكن لدرجة الحرارة تأثير فى هذا الشأن فى شدة الإضاءة العالية (Uzun ٢٠٠٦).

ووجد أن شدة التلون فى ثمار الباذنجان التى تتكون فى الجو البارد تكون أضعف مما فى تلك التى تتكون فى الجو الدافئ الطبيعى (Zipelevish وآخرون ٢٠٠٠).

هذا.. وتُستخدم منظمات النمو لتحسين العقد عند انخفاض الحرارة عن ١٥ °م؛ الأمر الذى يُساعد فى إنتاج ثمار بكرية العقد خالية من البذور.

وفى الباذنجان.. يصاحب العقد البكرى التغيرات التالية فى الثمار، مقارنة بما يحدث فى الثمار البذرية:

١– انخفاض محتوى النشا.

٢– انخفاض محتوى السكروز (وهو الذى يبلغ أعلى تركيز له فى مرحلة النضج الاستهلاكى.

٣– انخفاض محتوى البروتين.

٤– زيادة محتوى الفينولات، وهى التى ترتبط بالنشاط المضاد للأكسدة.

٥– انخفاض نشاط البولى فينول أوكسيديز والبيروكسيديز.

٦– ازدياد التلون البنى (Makrogianni وآخرون ٢٠١٧).

تأثير التطعيم على النمو والجودة

تُعد بعض هجن الطماطم والطماطم الـ KVFN من الأصول المفضلة لتطعيم الباذنجان. كما استُعملت الأنواع القريبة تقسيميًّا من الباذنجان، مثل *Solanum torvum*، الذى يُعد متوافقًا مع الباذنجان، فضلاً عن مقاومته للذبول وزيادته لقوة نمو الطعوم. هذا إلاّ أن نتائج تأثير هذا الأصل على محصول وجودة الباذنجان كانت متضاربة، ويرجع ذلك إلى اختلاف تأثيره باختلاف صنف الباذنجان المستخدم كطعم. فبينما لم يكن للأصل *S. torvum* أى تأثيرات على جودة ثمار الصنفين Longo، وBlack Moon فإنه أدى إلى زيادة نسبة الثمار غير الصالحة للتسويق من الصنفين Birgah، و Black Bell. كذلك أحدث التطعيم على *S. torvum* تغيرًا فى لون الثمار التى أصبحت أقتم وأقل لمعانًا. هذا.. بينما لم يؤثر التطعيم على التلون البنى للأنسجة الداخلية بالثمار، وكانت الفينولات الكلية أعلى فى نباتات الباذنجان غير المطعومة (Moncada وآخرون ٢٠١٣).

تأثير لون الغطاء البلاستيكى للتربة

كان تركيز السكروز فى ثمار الباذنجان — خلال مختلف مراحل نموها — أعلى ما يمكن عندما استخدم غطاء بلاستيكى للتربة — عاكس للضوء — فى إنتاج المحصول، وتلى ذلك فى التأثير على تركيز السكروز بالثمار استخدام البلاستيك الأبيض، ثم الأسود، ثم الشفاف. وقد حفَّزَت أغطية التربة العاكسة للضوء والبيضاء نشاط الإنزيم sucrose synthase بدرجة أكبر عما أحدثته الأغطية السوداء والشفافة (Boo وآخرون ٢٠١٠).

الفصل الرابع

القرعيات: البطيخ – الكنتالوب - الخيار

البطيخ

تحسين إنبات البذور

أدت معاملة بذور البطيخ بالجبريللين إلى تحسين قوة إنباتها وقوة نمو البادرات، وكان ذلك مُصاحبًا بزيادة فى معدل التنفس أثناء الإنبات، وتحفيز لدورتى الـ glyoxylate، و tricarboxylic acid أثناء الإنبات، وتحفيز لتراكم العناصر المحبة للأكسدة خلال الأيام الأولى من الإنبات، وحث لنشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة سوبر أوكسيد ديسميوتيز، و guaiacol peroxidase، وتحفيز التعبير عن الـ CSD، والـ POD (He وآخرون ٢٠١٩).

تأثير التطعيم على صفات جودة الثمار

يمكن أن تؤثر الأصول على صفات جودة ثمار البطيخ من عدة وجوه، كما يلى:

١- يمكن أن تؤثر بعض الأصول سلبًا أو إيجابًا على اللون الخارجى والداخلى، والقوام، والطعم والنكهة، فضلاً عن التأثير على شكل الثمار، كان تأخذ شكل ثمرة القرع العسلى.

٢- لم يكن تأثير الأصول على محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية ثابتًا، وإن كان التأثير السلبى يظهر فى حالة البطيخ البذرى؛ حيث ينخفض المحتوى بنحو ٠,٥-١,٠٪.

٣- كان أصل السترون أقل فى التأثير السلبى على حموضة الثمار وحلاوتها عن تأثير هجن *Cucurbita*.

٤- أدت بعض الأصول إلى زيادة كلٍّ من سمك قشرة الثمرة وحجمها، كما فى حالة أصول السترون وهجن *Cucurbita*.

٥– قد تؤخر أصول هجن *Cucurbita* من بداية تلوين لب الثمرة أثناء نضجها، لكنها تزيد من محتوى الليكوبين مقارنة بأصول اليقطين *L. siceraria*.

٦– فى كثير من الحالات أدى التطعيم إلى زيادة صلابة لب الثمار، وخاصة عند استعمال أصول هجن *Cucurbita*، وهى التى تزيد من محتوى اللب من السترولين citrulline، علمًا بأن محتوى السترولين يرتبط إيجابيًّا مع صلابة اللب.

٧– لم تؤثر الأصول على محتوى الثمار من الفينولات الكلية، وإن كان المحتوى قد ازداد عندما كان التطعيم على هجن *Cucurbita*، وليس على أصول اليقطين.

٨– تأثرت بعض المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المماثلة لنكهة الخيار أو الكوسة أو الكنتالوب أو الزيتية أو العشبية ببعض الأصول مثل هجن *Cucurbita* وكذلك السترون (عن Fallik & Ziv ٢٠٢٠).

تأثير طريقة عقد الثمار على جودتها

وُجد عند مقارنة ثمار البطيخ الناتجة من العقد بالمعاملة بالـ 1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea (اختصارًا: CPPU)، وتلك الناتجة بالتلقيح اليدوى أو بالنحل أنها تساوت جميعًا فى تركيز الجلوكوز والفراكتوز، إلاّ إن تركيز السكروز كان أعلى فى معاملتى التلقيح اليدوى والتلقيح بالنحل (دونما فرق بينهما) عما فى حالة التلقيح بالـ CPPU، وذلك فى الثمار الكاملة النضج بعد ٣٣ يومًا من تفتح الزهرة. ولقد كان مرد الزيادة فى تركيز السكروز فى معاملتى التلقيح اليدوى والتلقيح بالنحل إلى زيادة فى نشاط الإنزيم sucrose synthase (Huang وآخرون ٢٠١٨).

ولقد أمكن إنتاج ثمار بطيخ بكرية العقد بتلقيح الأزهار بحبوب لقاح فعَّالة جزئيًّا كانت قد عُومِلت بأشعة إكس soft-X-rays. وقد تبين أن التلقيح بحبوب اللقاح التى تعرضت للإشعاع أحدث تغيرات هرمونية معقدة أثناء عقد الثمار؛ حيث استُحِث تراكم الجبريللينات، والسيتوكينينات، والأوكسين؛ مثلما فعلت حبوب اللقاح الطبيعية. ولقد تبين من معاملات هرمونية أو بمثبطات لها أن الأوكسين هو العامل الأساسى الفعال فى

عقد الثمار، وبينما لا تكون الجبريللينات كافية لحث العقد البكرى، إلاّ إنها تؤثر فى مرحلة نمو الثمرة. ولقد تبين أن معاملة واحدة بالسيتوكينين النشط 1-(2-chloro-4-pyridyl)-3-phenylurea يمكن أن تستحث العقد البكرى والنمو التالى للثمرة، وهو الذى قد يعتمد على حث تراكم الأوكسين بالثمرة عند عقدها (Hu وآخرون ٢٠١٩).

العيب الفسيولوجى: القلب الأجوف

يبدأ العيب الفسيولوجى القلب الأجوف hollow heart كشقٍ فى مركز الثمرة لا يلبث أن يتسع إلى فجوة مفتوحة. ولقد وُجدت اختلافات بين أصناف البطيخ اللابذرى فى الإصابة بتلك الظاهرة، وتبين وجود علاقة إيجابية بين الإصابة بالقلب الأجوف – وشدتها – وضعف صلابة أنسجة مشيمة الثمرة (Trandel وآخرون ٢٠٢٠).

الكنتالوب

إنبات البذور

أُخضعت ستة لوطات من بذور الكنتالوب الأصفر التى تتباين فى نسبة وقوة إنبات البذور لاختبار الإيثانول ethanol test، حيث تبين أن الإثيلين المنطلق من ٢٥ بذرة منقوعة فى ٠,٥ مل من الماء المقطر لمدة ٦ ساعات كان اختبارًا سريعًا وكفؤًا لتحديد جودة البذور. وقد توافق نشاط الكاتاليز والسوبرأوكسيد ديسميوتيز مع اختبار الإيثانول بسبب شد الأكسدة الذى يحدث فى البذور المتدهورة (Ornellas وآخرون ٢٠٢٠).

وقد تحسَّن إنبات بذور الكنتالوب فى ظروف شدِّ الملوحة بالمعاملة بالميلاتونين بتركيز ١٠ أو ٥٠ ميكرومول/لتر. كذلك أدت معاملة البذور ورى النباتات بالميلاتونين بتركيز ٥٠ ميكرومول/لتر إلى تحسين مؤشرات النمو، وأظهرت النباتات المعاملة محتوى أعلى من الكلوروفيل ومؤشرات بيوكيميائية أفضل عما حدث فى النباتات التى لم تُعامل (Castanares & Alberto ٢٠١٩).

تأثير شدِّ البرودة لفترة قصيرة على البادرات

كان لمعاملة تعريض بادرات الكنتالوب لشدِّ برودة (١٥/١٠ °م، نهار/ليل لمدة خمسة أيام) تأثيرًا قصير المدى تمثل فى حث إنتاج البرولين الحر (حتى ١٧٩,٥٪)، وتراكم السكر الذائب (حتى ١٨١,٤٪)، وإتلاف الأغشية الخلوية، وتثبيط تمثيل الكلوروفيل ونشاط البناء الضوئى II. كما كان للمعاملة تأثيرًا بعيد المدى تمثل فى تثبيط ارتفاع النبات، وتأخير ظهور أول الأزهار المؤنثة، لكن مع تحفيز نمو فطر الساق. وربما كان البرولين والسكريات الذائبة المتراكمة المركبات المفتاحية فى تأقلم الكنتالوب على شدِّ البرودة (Li وآخرون ٢٠٢٢).

الخيـــار

تأثير الجلوكوز وحامض الأبسيسك على تكوين الجذور العرضية

أوضحت دراسة على الخيار أن المعاملة بالجلوكوز وحامض الأبسيسك تؤدى إلى تكوين جذورًا عرضية، وأن هذا التأثير يعتمد على الجرعة، وكان أقواها تأثيرًا جرعة قدرها ٠,١ مللى مول من الجلوكوز، و٠,٠٥ ميكرومول من حامض الأبسيسك. ووجد أن تأثير الجلوكوز المحفِّز لتكوين الجذور العرضية يثبَّط لدى المعاملة بمثبط حامض الأبسيسك: الفلوريدون fluridone؛ بما يعنى أن حامض الأبسيسك ربما يلعب دورًا فى تأثير الجلوكوز للتجذير العرضى. كما وُجد أن الجلوكوز أدى إلى زيادة محتوى حامض الأبسيسك ونشاط الإنزيمات ذات العلاقة بتمثيل حامض الأبسيسك: مثل الـ zeaxanthin epoxidase وغيره خلال التجذير العرضى. كذلك قللت معاملة الجلوكوز من نشاط الإنزيمات المحللَّة لحامض الأبسيسك، وحفَّزت من نشاط الإنزيمات المسئولة عن تمثيل حامض الأبسيسك؛ وبالتالى فإنها زادت من محتواه فى النبات (Li وآخرون ٢٠٢٢).

دور البكتريا المتعايشة مع النباتات

تُعد البكتيريا التى تعيش داخل النباتات endophytic bacteria واسعة الانتشار فى معظم الأنواع النباتية، وهى تستعمر الأنسجة النباتية جهازيًّا وبنشاط. وقد يكون هذا

الاستعمار المستمر فى النبات حاسمًا للنمو النباتى والمحصول وفى تثبيط الإصابات المرضية. وقد دُرس الدور الذى يلعبه نوعان من تلك البكتيريا، هما: السلالة CB36/1 من *Ochrobacterium* spp. والسلالة CC37/2 من *Pantoea agglomerans* ومراقبة تواجدهما لمدة ٦٢ يومًا بعد التلقيح بهما، وتبين بقاء كلا النوعين فى النسيج النباتى طوال فترة الدراسة. لكن كثافة تواجدهما انخفضت من 10^5 إلى 10^3 وحدة مكونة للمستعمرات CFU مع تقدم عمر النبات. وكان للبكتيريا تأثيرات جوهرية على طول الثمار ولونها وصلابتها، كما ازداد المحصول بنسبة ٢٢٪، و٢١٪ عند العدوى بسلالتى البكتيريا — على التوالى — دون أن يحدثا أى ضغط مرضى. وقد أدى التلقيح بالسلالة CC37/2 إلى تقليل الإصابة بتبقع الأوراق الزاوى بنسبة ٤١٪، مع زيادة المحصول بنسبة ٢٢٪ مقارنة بالعدوى بالبكتيريا المرضة وحدها (Akköprü وآخرون ٢٠٢١).

علاقة نقص المغنيسيوم بتوزيع الكلوروفيل فى نصل الورقة

عندما دُرس تركيز الكلوروفيل فى مختلف أجزاء نصل ورقة الخيار (باستعمال hyperspectral images تعتمد على الضوء المنظور visible والقريب من الأشعة تحت الحمراء (near infrared) فى ظل توفر أو نقص التسميد بالمغنيسيوم، كان توزيع الكلوروفيل بالنصل غير متجانس فى حالة نقص المغنيسيوم، وكانت قيمة الانحراف القياسى لتركيز الكلوروفيل بكل الورقة دليلاً للتعرف على نقص عنصر المغنيسيوم (Shi وآخرون ٢٠١٩).

تأثير شد الرياح مع الأشعة تحت الحمراء على النمو والتطور

من المعروف أن الرياح القوية تُثبط النمو النباتى بما تُحدثه من شدٍّ ميكانيكى وزيادة فى الفقد المائى جرَّاء زيادة النتح. وبدراسة دور الأشعة تحت الحمراء فى هذا الشأن على بادرات الخيار، وُجد أن التفاعل بينها وبين سرعة الرياح يؤثر فى النمو النباتى؛ حيث أدت الرياح القوية (٦٫٥ م/ثانية) فى وجود أشعة تحت حمراء (FR+) — وليس فى غيابها (FR-) — إلى تقليل نمو البادرات. ولقد أحدثت الرياح القوية

تأثيرها جراء خفضها لصافى البناء الضوئى (NAR)، ونسبة المساحة الورقية (LAR)، وربما كان النقص فى الـ LAR مردة إلى إن الرياح القوية قللت من توزيع ناتج البناء الضوئى على الأوراق، كنتيجة لزيادة توزيعها على الساق لمقاومة الشد الميكانيكى الذى أحدثته الريح القوية. هذا.. ولم تؤثر الريح القوية على توزيع ناتج البناء الضوئى فى غياب الأشعة تحت الحمراء، وربما كان مرد ذلك إلى أن الشد الميكانيكى الذى أحدثته الريح القوية كان أقل حينما انخفضت استطالة الساق فى غياب الأشعة تحت الحمراء. هذا.. وقد انخفض توصيل الثغور جراء الريح القوية، وكان هذا الانخفاض أقل فى ظل FR- عما كان فى ظل FR+ (Shibuya وآخرون ٢٠٢٢).

تأثير الأشعة فوق البنفسجية على النمو النباتى

تُؤثر الأشعة فوق البنفسجية الطبيعية (مع ضوء الشمس) فى نمو وأيض النباتات، بينما تحد أغطية البيوت المحمية من وصول تلك الأشعة إلى داخل البيت بادمصاص الأغطية لها بقوة؛ الأمر الذى يحد من النمو الأمثل لبعض الأنواع النباتية. ولقد وُجد أن التعريض للأشعة فوق البنفسجية أ UV-A أدى إلى إنتاج نباتات خيار أقصر وأكثر اندماجًا، وتلك صفات مرغوبة بستانيًّا. وفى المقابل.. أدى التعريض للأشعة فوق البنفسجية ب UV-B إلى إنتاج نباتات أقصر بدرجة أكبر، لكن سيقانها لم تكن قوية. ولم تؤثر أى من المعاملتين جوهريًّا على محصول الثمار (Qian وآخرون ٢٠٢٠)

العقد البكرى للثمار

وُجد أن صنف الخيار DDX الذى تعقد ثماره بكريًّا يزيد فيه محتوى السيتوكينين وحامض الجبريلك عما فى الصنف ZK الذى لا يعقد بكريًّا، بينما ينخفض فيه محتوى حامض الأبسيسك بالأزهار، وذلك بعد يوم من تفتحها. وأدت المعاملة بالسيتوكينينات والأكسين وحامض الجبريلك ٤+٧ إلى حث العقد البكرى للثمار فى الصنف ZK. وقد كان مستوى فعل جينات تمثيل السيتوكينين وجينات الاستجابة للسيتوكينين وجينات الأوكسين أعلى فى الصنف DDX الذى يعقد بكريًّا عما فى الصنف ZK الذى لا يعقد بكريًّا (Su وآخرون ٢٠٢١).

ووُجد فى دراسة على سلالتين من الخيار إحداهما بكرية العقد بدرجة عالية (DDX) والثانية ضعيفة القدرة على العقد البكرى (ZK) أن تغطية الأوراق ثبَّطت التهيئة للعقد البكرى للثمار ونموها، وكان لذلك علاقة بمحتوى السكر الذى أدت زيادته إلى حث تكوين الثمار البكرية. ولقد حدث هذا الحث الذى — سببته زيادة السكريات — من خلال تأثيرات هرمونا الأوكسين والسيتوكينين (Wang وآخرون ٢٠٢١).

الفصل الخامس

الخضر البقولية: البسلة – الفاصوليا – اللوبيا

البسلة

تأثير درجة الحرارة على النمو والتطور

دُرس تأثير خفض الحرارة من ١٥ ْم إلى الحرارة الأقل من المثلى ١٠ ْم على نمو وتطور البسلة، فوجد أنها تقلل جوهريًّا من الوزن الجاف للنبات، ولكن مع زيادة فى نسبة المادة الجافة بالجذور إلى المادة الجافة بالنبات كله. كذلك انخفض الطول الكلى للجذور جوهريًّا، وذلك بسبب انخفاض فى طول الجذور الجانبية، بينما لم يكن للحرارة المنخفضة تأثيرًا على طول الجذر الوتدى. وكان للتأثير الإيجابى للحرارة المثلى على طول الجذور وكثرة الجذور الجانبية تأثيره الإيجابى – بدوره – على القدرة على امتصاص العناصر (Balliu & Sallaku ٢٠٢١).

كما وُجد عند تعريض نباتات البسلة لحرارة ١٨/٢٧ ْم، أو ٢٢/٢٧ ْم، أو ٢٦/٢٧ ْم (نهار/ليل) لمدة سبعة أيام خلال مرحلة الإزهار أن الزيادة فى حرارة الليل لم يكن لها تأثير جوهرى على حيوية حبوب اللقاح، أو عدد العقد المثمرة والأزهار، أو نسبة الأزهار التى فشلت فى العقد، أو عدد البذور/قرن، أو عدد البذور/نبات (Jiang وآخرون ٢٠٢٠).

الفاصوليا

تأثير الحرارة العالية على حيوية حبوب اللقاح

تؤثر الحرارة العالية خلال العشرة أيام السابقة على تفتح أزهار الفاصوليا على الشبكة الإندوبلازمية الخشنة فى النسيج المغذى tapetum فى المتوك، وذلك خلال المرحلة المبكرة لتكوين الخلايا الجرثومية الصغيرة microspores؛ مما يؤدى إلى تدهور

النسيج المغذى مبكرًا عن موعد تدهوره الطبيعى. ويكون عقم حبوب اللقاح مصاحبًا لتدهور النسيج المغذى (Suzuki وآخرون ٢٠٠١).

أهمية العناصر الدقيقة ومحفزات النمو

يُفيد الرش الورقى بالزنك (١٠٠ جزء فى المليون) مع حامض الهيوميك (٥٠٠ جزء فى المليون) والشيتوسان (١٥٠ جزء فى المليون) فى تحسين دلائل نمو ومحصول البذور الجافة، خاصة عندما تكون الزراعة فى المواسم التى ترتفع فيها الحرارة خلال مرحلة الإزهار والعقد (Ibrahim & Ramadan ٢٠٠٥).

كما وُجد أن معاملة البذور بالـ priming بالزنك النانو (٤٪) مع الحديد النانو (٤٪) كان له أكبر تأثير إيجابى على محصول الحبوب فى الفاصوليا الحمراء (Bayat وآخرون ٢٠٢١).

وأدى الرش الورقى للفاصوليا بجزئيات نانو من أكسيد الزنك ZnO nanoparticles بتركيز ٢٥ جزء فى المليون مركب مع الشيتوسان إلى زيادة الكتلة البيولوجية ومحصول الفاصوليا الخضراء، كما أسرعت المعاملة من اكتمال النمو النباتى والتبكير بالحصاد، ومع خفض لكمية السماد المستخدمة دون التأثير على كمية المحصول المنتجة، وذلك مقارنة بالرش بنترات الزنك المركبة مع الشيتوسان (Palacio - Márquez وآخرون ٢٠٢١).

تأثير التلقيح بالميكوريزا

دُرس تأثير التلقيح بالميكوريزا *Piriformospora indica*، أو *Glomus intraradice* أو بكليهما معًا — تحت ظروف نقص امتصاص الفوسفور — على نمو ومحصول وجودة الفاصوليا الخضراء، ووجد ما يلى:

١- أدى التلقيح بالميكوريزا *P. indica* أو بفطرى الميكوريزا معًا إلى إحداث زيادة جوهرية فى الكتلة البيولوجية للنمو الخضرى، والنمو الجذرى، مع زيادة جوهرية فى عدد القرون ووزنها الجاف، والوزن الجاف للبذور/نبات.

٢–أحدث التلقيح بالميكوريزا *P. indica* زيادة فى التغذية بالكالسيوم بنسبة ١٠٠٪، والمغنيسيوم بنسبة ١١٠٪، والأمونيوم بنسبة ١٧٥٪، مقارنة بما كان عليه الوضع فى نباتات الكنترول غير الملقحة بالميكوريزا، بينما لم يكن للتلقيح بالميكوريزا تأثيرًا جوهريًّا على التغذية بالبوتاسيوم (Beltayef وآخرون ٢٠٢١).

التغيرات فى مختلف السكريات بالقرون الخضراء والبذور

يتباين نظام تراكم مختلف السكريات فى قرون الفاصوليا أثناء نموها. وبصورة عامة.. ينخفض محتوى الفراكتوز والجلوكوز، بينما يرتفع محتوى السكروز مع زيادة حجم القرن فى الفاصوليا الخضراء. وعلى خلاف ذلك.. يزداد تركيز الفراكتوز والجلوكوز، بينما لا يتغير تركيز السكروز أثناء نمو القرن فى الفاصوليا الجافة. ويُعد أفضل حجم للقرون لظهور الاختلافات بين الأصناف فى تركيز السكريات هو: sieve size No. 3 (٧,٣٤–٨,٣٣ مم)، و sieve size No. 4 (٨,٣٣–٩,٥٢ مم) (VandenLangenberg وآخرون ٢٠١٢).

وقد ازدادت كتلة البذور نسبة إلى كتلة القرن بزيادة عدد الأيام بعد الإزهار، لكن معدل الزيادة تباين بين الأصناف المقيمة. ولقد لوحظت اختلافات جوهرية فى نمط تراكم السكريات الأحادية والثنائية مع الوقت، وذلك بين القرون والبذور. فالجلوكوز والفراكتوز انخفض سريعًا فى القرون والبذور مع الوقت بعد الإزهار. وعلى خلاف ذلك.. ازداد تركيز السكروز فى نسيج القرن، لكنه بقى ثابتًا فى بذور أصناف الفاصوليا الخضراء مع الوقت بعد الإزهار. كان نمط التغيرات فى تركيز السكريات فى القرون والبذور مع الوقت بعد الإزهار متماثلاً بين جميع أصناف الفاصوليا الخضراء المقيمة. وفى مقابل الفاصوليا الخضراء، فإن سكروز البذور ازداد مع الوقت بعد الإزهار فى صنف الفاصوليا الجافة Puebla 152. وكانت القرون الخضراء الحديثة الأعلى فى دليل الحلاوة وتركيز السكر. وعلى الرغم من تباين متوسط الحلاوة بين الأصناف، فإن معدل الانخفاض فى الحلاوة مع الوقت كان متماثلاً فى كل الأصناف (Gartner وآخرون ٢٠٢٠).

هذا.. ويُلقى Maiti (١٩٩٧) مزيدًا من الضوء على فسيولوجى الفاصوليا.

اللوبيا

أهمية التسميد بالبورون

أدى الرش الورقى للوبيا بالبورون بتركيز ٢,٦-٢,٩ جم/لتر إلى تحسين إنتاج القرون. ولم تُحفِّز إضافة سكر السوربيتول sorbitol لمحلول الرش بالبورون.. لم تُحفز النمو النباتى، لكنها زادت من امتصاص البورون فى الأجزاء الخضرية من النبات، دونما تحفيز لإنتاج البذور الجافة (Silva وآخرون ٢٠١٨).

الفصل السادس

الفراولـــة

أهمية الحرارة والفترة الضوئية والأشعة فوق البنفسجية

التأثير على النمو والإزهار والمحصول

وجد أن أصناف الفراولة المحايدة للفترة الضوئية — سواء أكانت من الطرز الأوروبية القديمة، أو من طرز كاليفورنيا الحديثة التى نشأت من الانتخاب بين انعزالات من التهجين مع *Fragaria virginiana* ssp. *glauca*– هذه الأصناف تُعد طويلة النهار نوعيًّا qualitative (إجباريًّا) فى الحرارة العالية (٢٧ ْم)، وطويلة النهار كميًّا quantitariv فى الحرارة المتوسطة. ولا تسلك هذه الأصناف مسلك النباتات المحايدة للفترة الضوئية إلاّ فى حرارة تقل عن ١٠ ْم (Sonsteby & Heide ٢٠٠٧).

ووُجد أن الفراولة دائمة الحمل تُستحث فيها حالة السكون بكل من النهار القصير والحرارة العالية، ويلزم لذلك التعرض لتلك الظروف لمدة عشرة أسابيع وتستحِث الحرارة العالية سكونًا جزئيًّا فى النباتات التى تنمو فى نهار طويل. ويؤدى التعريض للبرودة إلى حالة توقف النمو الذى تستحثه ظروف النهار القصير والحرارة العالية. وتتشابه الأصناف الدائمة الحمل فى هذا الشأن مع الأصناف الموسمية الإزهار، من حيث تنظيم السكون بالتفاعل بين الحرارة والفترة الضوئية والبرودة. ولم تُصبح نباتات أى من الأصناف الدائمة الحمل أو الموسمية الإزهار ساكنة فى حرارة ٦ ْم أيًّا كانت الفترة الضوئية، بينما ازدادت حساسيتها للفترة الضوئية القصيرة التى تستحث السكون فى كل من الحرارة المعتدلة والعالية. ولقد وُجدت فى كل الأصناف علاقة وثيقة بين التحكم فى الإزهار وتكوين المدادات والسكون (Rivero وآخرون ٢٠٢١).

ويُستَحث الإزهار فى أصناف الفراولة قصيرة النهار Junebearing بالفترة الضوئية القصيرة، وهى التى تؤدى – كذلك — إلى ضعف النمو الخضرى. هذا النقص فى قوة

النمو النباتى يمكن أن يُخفِّض المحصول ما لم تُعامل النباتات بالبرودة لاستعادة نموها الخضرى (Konsin وآخرون ٢٠٠١).

ويؤدى تعريض نباتات الفراولة لحرارة منخفضة (١٣/١٨ ْم) أثناء تكوين الأعضاء النباتية إلى تحفيز زيادة عدد الأزهار بالنورة، وعقد الثمار، وحجم الثمرة، ولكن مع خفض فى إنتاج المدادات. ويتراوح المدى الحرارى المثالى — أثناء فترة التهيئة للإزهار — لتكوين الأعضاء التكاثرية لمختلف الأصناف (المحايدة للفترة الضوئية والـ Junebearing) بين ١٣/١٨، و١٦/٢١ ْم، مع حدوث انخفاضات حادة فى عدد الأزهار، وعقد الثمار، ووزن الثمرة فى درجات الحرارة الأقل والأعلى.

ولا تؤثر الفترة الضوئية على التهيئة للإزهار فى الأصناف المحايدة للفترة الضوئية day neutral (Manakasem & Goodwin ٢٠٠١).

هذا.. وتكون نباتات الفراولة فى خطر التعرض لفترات قصيرة من الحرارة العالية نهارًا خلال فترة الإزهار، أو التعرض لفترات قصيرة من الحرارة المنخفضة ليلاً خلال الشهور الباردة شتاءً. وبدراسة تأثير تعريض نباتات صنفين من الفراولة لحرارة ٣٥ ْم نهارًا ولحرارة ٢ ْم ليلاً لعدد من الأيام المتتالية لكل معاملة، وُجد أن معاملة الحرارة العالية قصَّرت الفترة حتى الإزهار فى كلا الصنفين، بينما قصرت عدد الأيام حتى تفتح المتوك. وقد أدت كلتا معاملتى الحرارة العالية والمنخفضة إلى خفض حيوية حبوب اللقاح ومعدل إنباتها فى كلا الصنفين، ووُجد ارتباط عالٍ بين انخفاض معدل إنبات حبوب اللقاح وزيادة نسبة الثمار غير المنتظمة الشكل فى ظروف معاملة الحرارة المنخفضة ليلاً؛ بما تشير إلى أهمية حماية النباتات من الحرارة المنخفضة شتاء حتى وإن كان التعرض لها لفترات قصيرة (Cui وآخرون ٢٠٢١).

وقد دُرس تأثير الفترة الضوئية ودرجة الحرارة على صنفين من أصناف الفراولة القصيرة النهار Junebearing، وثلاثة أصناف محايدة للفترة الضوئية، ووجد إنه خلال مرحلة التهيئة للإزهار أدى تعرض النباتات لفترة ضوئية قصيرة مع حرارة ٢٠/٢٥ ْم

(نهار/ليل) إلى ضَعف تكوين الثمار فى الأصناف المحايدة للفترة الضوئية، بينما كانت الأصناف قصيرة النهار أقل تأثرًا. أما الفترة الضوئية السائدة أثناء تكوين الأعضاء (المدادات والنورات والأزهار والثمار) فلم تؤثر إلاّ على الصفات الخضرية، حيث حفَّزت الفترة الضوئية الطويلة عدد المدادات وطول كل من عنق الورقة وعنق النورة وعنق الثمرة. وفى جميع الأصناف أدت الحرارة المنخفضة (١٣/١٨ °م) نهار/ليل) أثناء تكوين الأعضاء إلى زيادة عدد الأزهار فى النورة، ونسبة عقد الثمار، وحجم الثمار، بينما أدت إلى تقليل إنتاج المدادات. وعلى الرغم من أن الفترة الضوئية لا تحد من تهيئة تكوين الأزهار فى الأصناف المحايدة للفترة الضوئية، فإن جميع الأصناف (قصيرة النهار والمحايدة) حدث بها ضعف فى تكوين الأزهار والثمار خارج المدى الحرارى الذى يتراوح بين ١٣/١٨ °م (متوسط ١٥،٥ °م)، و١٦/٢١ °م (متوسط ١٨،٥ °م)، ويعد استمرار ذلك التأثير أمرًا أساسيًّا يحد من إنتاجيتها (Manakasem & Goodwin ٢٠٠١).

هذا.. وعند اتباع طرق الحماية من الحرارة المنخفضة فى الزراعات المحمية للفراولة تجب المحافظة على بقاء حرارة الأوراق أعلى عن – ٥ °م لأجل المحافظة على المستوى العالى من نشاط البناء الضوئى؛ بما يسمح بإطالة موسم النمو (Maughan وآخرون ٢٠١٥).

هذا.. بينما أدت الحرارة العالية (٢٥/٣٠ °م نهارًا/ليلاً) إلى خفض عدد النورات والأزهار والثمار فى صنفين من الفراولة – هما Nyoho، و Toyonoka – مقارنة بما حدث فى حرارة معتدلة مقدارها ١٨/٢٣ °م (نهار/ليل). وبينما لم تختلف نسبة عقد الثمار بين الحرارة العالية والمنخفضة فى الصنف Nyoho، فإن النسبة كانت أقل بكثير فى حرارة ٢٥/٣٠ °م عما فى حرارة ١٨/٢٣ °م فى الصنف Toyonoka. ويُستفاد مما تقدم أن الحرارة العالية تضر بعملية الإزهار والإثمار فى الفراولة، ولكن استجابة النباتات للشدِّ الحرارى تتأثر بالصنف (Ledesma وآخرون ٢٠٠٨).

وقد أسرع النهار القصير من إزهار أصناف الفراولة قصيرة النهار المختبرة باستثناء الصنف شاندلر، لكن الفترة التى لزمت لإحداث هذا التأثير تباينت باختلاف الأصناف.

وكانت الاستجابة العامة الوحيدة للإزهار فى الفراولة أن الفترة الضوئية القصيرة تُحفِّز تميز الأزهار فى كل من الأصناف القصيرة النهار والطويلة النهار على حدٍ سواء (Dumer ٢٠١٥).

وتباينت خصائص إزهار نباتات الفراولة دائمة الحمل everbearing باختلاف الأصناف لدى معاملتها بفترات ضوئية ١٢ أو ١٦ أو ٢٠ أو ٢٤ ساعة يوميًّا لمدة ١ أو ٢ أو ٣ أو ٤ أسابيع، لكن يمكن القول أن الإزهار فى الأصناف الضعيفة أو المتوسطة فى خاصية الحمل الدائم.. يمكن القول أن الإزهار يُحفِّز فيها بمعاملتها بفترة ضوئية ٢٤ ساعة لمدة ١–٤ أسابيع (Hamano وآخرون ٢٠١٥).

وقد بدأت البراعم الزهرية فى التكوين أسرع جوهريًّا بعد الشتل فى شتلات الفراولة التى أُنتجت فى ظروف فترة ضوئية صناعية طويلة (١٦ أو ٢٤ ساعة) عما فى ظروف الإضاءة الطبيعية، إلا إن هذا التأثير تباين باختلاف الأصناف (& Tsuruyama Shibuya ٢٠١٨).

وتحسَّ الإزهار فى الفراولة التى عُرِّضت لإضاءة من لمبات اللِد LED، بينما تأخر الإزهار عندما ظُلِّلت النباتات. ولقد أظهرت الدراسة أن نمو وإزهار الفراولة كانا مُتباين بدرجة عالية فى ظروف الإضاءة الضعيفة. ولقد كان للضوء أهميته فى حث تكوين النورات الزهرية، وفى زيادة المحصول، وكانت لقوة الإضاءة أهميتها فى المحافظة على تجانس الإزهار فى الزراعات المحمية (Wang وآخرون ٢٠٢٠).

وتفيد عديد من الدراسات أن تعريض النباتات أثناء نموها للأشعة فوق البنفسجية ج UV-C يُفيد فى مكافحة الأمراض، ليس فقط بسبب تأثيرها المطهر، وإنما — كذلك — بسبب أنها تحفز الدفاع النباتى. ولقد وُجد أن تعريض نباتات الفراولة للأشعة فوق البنفسجية ج كان له تأثير إيجابى على الإزهار، ونمو الثمار؛ فلقد كان الإزهار أبكر فى حالة المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية ج، وكان المحصول أعلى، على الرغم من إحداث المعاملة لنقص بسيط فى المساحة الورقية. ولم تؤثر المعاملة على قدرة الثمار التخزينية أو على صفاتها الفيزيائية (Forges وآخرون ٢٠٢٠).

هذا.. ويمكن الإطلاع على مزيد من التفاصيل حول فسيولوجى الإزهار والإثمار فى الفراولة وتأثر ذلك بالعوامل البيئية بمراجعة Battey وآخرين (١٩٩٨)، و Darnell & Chandler (٢٠٠٣).

التأثير على صفات جودة الثمار

للحرارة العالية تأثير سلبى على حجم الثمار وجودتها، وذلك نظرًا لارتفاع معدل تنفس الثمار، ونسبة سطحها إلى حجمها، كما أن طبقة الأديم cuticle فيها رقيقة. ويمكن فى الجو الصحو بحرارة ٢٦,٥ °م أن تزيد حرارة الثمار عن حرارة الهواء بنحو ثمانى درجات مئوية؛ مما يسبب أضرارًا بالأنسجة وطراوة وتدهورًا بالقرب من سطح الثمرة. كذلك يمكن لحرارة تزيد عن ٢٥ °م أن تخفض من عقد الثمار، ومحتوى المواد الصلبة الذائبة، وتسرع من نمو الثمار (Hancok ١٩٩٩).

وقد وُجد أن حجم ثمار الفراولة الفرِش ينخفض خلال الشهر الأخير من موسم الحصاد — الذى تشكل ثماره أعلى نسبة من المحصول — بسبب الارتفاع الذى يحدث فى درجة الحرارة خلال تلك الفترة (Ackenzie وآخرون ٢٠١١).

وعندما قُورن تأثير الجو البارد (١٢/١٦ °م نهارًا/ليلاً)، والجو الدافئ (١٦/٢٢ °م نهاراً/ليلاً)، والجو الدافئ مع تربة مدفأة حتى ٢٦° م أثناء النهار على مواصفات جودة ثمار الفراولة، وجد أن أى ارتفاع فى درجة حرارة الهواء أو التربة أحدث خفضًا فى متوسط حجم الثمرة، لكن دون أن تتأثر جوهريًّا صفات جودة الثمار، مثل: المادة الجافة، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة والحموضة المعايرة. وفى المقابل أدى نمو الفراولة فى الجو البارد إلى زيادة مضادات الأكسدة بها، متمثلة فى محتواها من الفينولات الكلية وحامض الأسكوربيك، بينما حدث انخفاض فى محتواها من مختلف الأنثوسيانينات. ولم يؤدِ رفع حرارة التربة فى معاملة الجو الدافئ إلى أى زيادة إضافية فى الأنثوسيانينات أو أى فينولات أخرى بالثمار، إلا إنه أحدث انخفاضًا فى تركيز الـ pro-anthocyanidins (Josuttis وآخرون ٢٠١١).

وقد أحدثت الحرارة العالية (٣٠ْم) والتركيز العالى لثانى أكسيد الكربون (٦٥٠- ٩٥٠ ميكرومول/مول).. أحدثت زيادات جوهرية فى البولى فينولات الكلية، والفلافونويدات، والأنثوسيانين، ومضادات الأكسدة فى ثمار الفراولة. هذا.. إلا إن الأصناف المختبرة تباينت فى مدى تأثر كل تلك المكونات بكلٍ من درجة الحرارة (٢٥ أو ٣٠ْم) وتركيز ثانى أكسيد الكربون (٦٥٠ أو ٩٥٠ ميكرومول/مول) (Balasooriya وآخرون ٢٠١٩)

وأدت زيادة الرطوبة النسبية فى البيوت المحمية من ٥٠٪ إلى ٧٠٪ أو إلى ٩٠٪ إلى زيادة النمو الخضرى لنباتات الفراولة. ومع زيادة فترة التعرض للرطوبة العالية ومستوى الرطوبة ازدادت مساحة الورقة وطول عنق الورقة، كما احترقت — أحيانًا — قمم الأوراق الحديثة والأزهار، وفى معظم الأحيان كانت الثمار أكبر حجمًا فى الرطوبة العالية المستمرة، إلاّ أن المحصول النهائى كان منخفضًا بسبب انخفاض عقد الثمار فى ظروف الرطوبة العالية. كذلك حدث انخفاض فى صلابة الثمار وفى صلاحيتها للتخزين عندما كان إنتاجها فى الرطوبة العالية، وكانت هذه الثمار أكثر قابلية للإصابة بكل من أعفان البوتريتس والرايزوبس، وكانت أفضل الظروف لإنتاج الفراولة فى البيوت المحمية من حيث كمية محصول الثمار وجودتها هى رطوبة نسبية مقدارها ٦٥٪-٧٥٪ (Lieten ٢٠٠٢).

ارتباطات النمو وفسيولوجيا نمو الثمرة

تُعد ثمرة الفراولة أكبر منافس على الغذاء فى النبات، حيث يتراكم بالثمار ٢٠٪- ٤٠٪ من الوزن الجاف الكلى للنبات. ويحد الإثمار من تراكم المادة الجافة بالجذور والتيجان والأوراق، ويمنع نمو المدادات وإنتاج النورات. وتُعد الجذور هى أكثر أعضاء النبات تضررًا من الإثمار. وأثناء النمو السريع للثمار تزيد حاجة الثمار للغذاء المجهز عن قدرة النبات على إنتاجه؛ مما يؤدى إلى انتقاله من الأجزاء الأخرى للنبات.

يأخذ نمو ثمرة الفراولة شكل المنحنى الزيجمويد sigmoid مع الوقت. وتُعد خلايا القشرة cortex والنخاع pith هى المسئولة عن معظم نمو التخت، وخاصة خلايا القشرة.

ولا يُسهم انقسام الخلايا سوى بنحو ١٥٪–٢٠٪ فقط من النمو الكلى، ويحدث ذلك أساسًا قبل تفتح الزهرة. ويرجع باقى النمو إلى زيادة الخلايا فى الحجم، مع ازدياد حجم الخلايا نحو الجزء الداخلى من الثمرة. وتزداد السكريات والمركبات المسئولة عن الرائحة العطرية والصبغات مع اكتمال تكوين نسيج التخت. ويستغرق النضج من تفتح الزهرة حتى الحصاد حوالى ٣٠ يومًا حسب الظروف البيئية.

ويتأثر نمو الثمرة بعديد من العوامل، تتضمن عدد الثمار الفقيرة achenes على التخت، وحيز نسيج التخت المحيط بكل ثمرة فقيرة، وتوزيع تلك الثمار الفقيرة على التخت. ولأجل نمو ثمرة جيدة الشكل يتعين تلقيح ٣٠٪ على الأقل من الكرابل. وتتكون الثمار المشوهة بسبب عوامل كثيرة، منها التلقيح غير الكافى وحدوث أضرار للثمار الفقيرة بفعل الصقيع أو الحشرات أو الأمراض. وتلك كلها عوامل تمنع تمثيل الأكسين وينتج عنها النمو غير المنتظم للتخت. كذلك يمكن للحرارة المنخفضة أن تؤثر تأثيرًا سلبيًّا على نمو الثمار بالحد من كل من نشاط الملقحات وإنتاج اللقاح.

ويعد نحل العسل *Apis mellifera* أهم ملقح لأزهار الفراولة فى الحقول المكشوفة. وعادة يتم تزويد الزراعات المحمية بالنحل الطنَّان *Bombus terrestris* لأجل التلقيح. ويحتوى رحيق الزهرة ولقاحها على عديد من السكريات والأحماض الأمينية الحرة، لكن لم يكن لأى منها علاقة مباشرة بجذب نحل العسل للأزهار.

يتحكم الأوكسين — أساسًا — فى نمو التخت، وهو الذى يتم تمثيله فى الثمار الفقيرة. ويستجيب نمو الثمار فى بعض الأصناف للمعاملة بعدد من المركبات ذات التأثير المماثل للأوكسين، لكن لا يتأثر نمو الثمار فى عديد من الأصناف المحايدة للفترة الضوئية إلاّ بالـ ethyl-ester of indolyl acetic acid. وتؤدى الإزالة الجزئية للثمار الفقيرة فى مرحلة مبكرة من تكوينها إلى إنتاج ثمار مشوهة؛ حيث لا يكبر التخت إلاّ فى النسيج المجاور الذى توجد به ثمار فقيرة سليمة (Hancock ١٩٩٩).

وكما أسلفنا.. يتوقف حجم ثمرة الفراولة على كل من قطر تخت الثمرة وعدد الآكينات achenes (الثمار الفقيرة) فيها. ويتباين التأثير المحفز للآكينات على حجم الثمرة باختلاف التركيب الوراثى، علمًا بان وزن الثمرة البستانية المتجمعة لكل ثمرة فقيرة يتناقص كلما تأخر موقع الثمرة الفقيرة على الثمرة المتجمعة aggregate. وتتميز السلالات الخضرية ذات الثمار الكبيرة الحجم بأن أوراقها أكبر مساحة، وبأن المساحة التى تقوم بالبناء الضوئى فيها أكبر، وبأن أعناق أوراقها وأعناق ثمارها أكثر سمكًا. كذلك تتميز الأصناف ذات الثمار الكبيرة الحجم بأن خلاياها أكبر حجمًا (Hortynski وآخرون ١٩٩١).

يمتد موسم حصاد الفراولة الطازجة فى فلوريدا — كما هى الحال فى مصر — من ديسمبر إلى أواخر مارس، ويبلغ الحصاد أقصى معدلاته خلال الشهر الأخير من منتصف فبراير إلى منتصف مارس. ومع تقدم موسم الحصاد تصبح الثمار أصغر حجمًا، وأقل محتوى من المواد الصلبة الذائبة. وقد تبين أن الانخفاض فى محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية فى نهاية الموسم يكون مرده — أساسًا — إلى الارتفاع الذى يحدث فى درجة الحرارة خلال تلك الفترة (Mackenzie وآخرون ٢٠١١).

فسيولوجيا نضج الثمار وصفات الجودة

فسيولوجيا النضج

ثمار الفراولة ليست كلايمكتيرية؛ فهى لا تُنتج سوى القليل من الإثيلين؛ وكنتيجة لذلك فإن معاملتها بالإثيلين ليس لها تأثير على تغير صلابتها وطراوتها وطعمها من مرحلة الثمار غير المكتملة التكوين حتى اكتمال نضجها. كذلك فإن بداية النضج — كما يُقاس بتراكم الأنثوسيانين — لا يحدث فيه أى بطء جراء المعاملة بمثبطات تمثيل الإثيلين (مثل الـ aminoethoxyvinylglycine)، أو بالمركبات التى تؤثر على فعل الإثيلين (مثل الفضة، والـ norbornadiene).

ويترافق مع طراوة ثمار الفراولة إطلاق البروتينات والهيماسيليلوزات. ويلعب الـ expansin — كذلك — وهو بروتين يرتبط بزيادة الخلايا فى الحجم — دورًا فى صلابة

الثمار. ولا تحتوى ثمار الفراولة إلا على القليل من إنزيم الـ endo-polygalacturonase الذى يُعد أهم إنزيم مؤثر فى نضج ثمار الطماطم. وبدلاً منه فإن أهم الأنزيمات ذات الصلة فى فقد ثمار الفراولة لصلابتها اثنان هما: pectinmethylesterase، و cellulase (Hancock ١٩٩٩).

ويبين جدول (٦-١) الجينات ذات الصلة بنضج ثمار الفراولة التى أمكن التعرف عليها.

جدول (٦-١): الجينات ذات الصلة بنضج ثمار الفراولة التى أمكن التعرف عليها.

الجين	المسار الأيضى	صفة الجودة
O-methyl transferase	Phenylpropanoid	Colour
Chalcone synthase	Phenylpropanoid	Colour
Flavanone-3-hydrolase	Phenylpropanoid	Colour
UDP-glucosyl transferase	Phenylpropanoid	Colour
UDP-glucuronosyl transferase	Phenylpropanoid	Colour
Cellulose	Cell wall hydrolysis	Texture
Acyl carrier protein	Fatty acid biosynthesis	Flavour
Cysteine proteinase	Protein degradation	Ripenione

لون الثمار

يتكون لون الثمار الأحمر من خلال إنتاج الإنثوسيانينات — وبخاصة — الـ pelargonidin-3-glucoside (اختصارًا: Pg3-gl). ويشكل الـ Pg 3-gl — تقريبًا — ٩٠٪ من الانثوسيانينات، على الرغم من اكتشاف ما لا يقل عن ثمانى أنثوسيانينات أساسها الـ pelargonidin واثنان أساسهما الـ cyanidin فى عصير الثمار. ويُعد الـ cyanidin 3-glucoside ثانى أكثر الأنثوسيانينات تواجدًا بالثمار. ويتباين محتوى الأنثوسيانينات الكلى بمقدار ١٦ ضعف، كما يوجد بعض التباين فى نوعيات الأنثوسيانينات (Hancock ١٩٩٩).

ويُعد الكلوروفيل والأنثوسيانينات الصبغات الرئيسية المسئولة عن لون الثمار فى الفراولة. وبمجرد وصول الثمرة إلى أقصى حجم لها، فإن الكلوروفيل السطحى يُفقد سريعًا

بالتحلل. ويحدث فى الوقت ذاته أو سريعًا بعد ذلك تراكم للأنثوسيانينات؛ الأمر الذى يكون له صلة بتمثيل الإنزيم phenylalanine-ammonia-lyase (اختصارًا: PAL)، والـ uridine diphosphate glucose: flavonoid-O^3 glucosyl-transferase اختصارًا: (UDPGFT). ويكون مرد اللون الأحمر النهائى بالثمرة الناضجة للمركب pelargonidin-3-glucoside (الذى يشكل ٨٨٪ من الأنثوسيانينات الكلية، و cyanidin-3-glucoside. ويتباين المحتوى الكلى للأنثوسيانينات بالثمار حسب الصنف ما بين لون الثمار البرتقالى الضارب للحمرة، كما فى الصنف Elsanta، والأصناف الأخرى ذات اللون الأحمر الداكن أو القرمزى، كما فى الصنف Camarosa. ويمكن أن يتغير محتوى الأنثوسيانين خلال فترة التخزين والعرض للبيع؛ الأمر الذى يتوقف على درجة حرارة التخزين.

وأهم الإنزيمات ذات العلاقة بتحلل الأنثوسيانين الـ polyphenal oxidase، والـ peroxidase (Olias وآخرون).

الطعم والنكهة

يزداد محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية باستمرار أثناء نمو ونضج ثمار الفراولة من ٥٪ فى الثمار الخضراء الصغيرة إلى ٦٪–٩٪ فى الثمار الحمراء. وتتباين الثمار الخضراء والحمراء قليلاً جدًّا فى الـ pH، لكن الحموضة المعايرة تنخفض تدريجيًّا أثناء النضج. وتتأثر كلتا الصفتين — الحموضة المعايرة والـ pH — بكل من الصنف والظروف البيئية.

يُعد الجلوكوز والفراكتوز والسكروز السكريات الذائبة الرئيسية فى ثمار الفراولة خلال جميع مراحل نضجها، ويكون تركيز السكروز — عادة — أقل من تركيز الجلوكوز والفراكتوز.

ويبقى pH ثمرة الفراولة ثابتًا عند حوالى ٣,٥ أثناء نضج الثمار، بينما تنخفض الحموضة المعايرة — التى يكون مردها إلى الأحماض العضوية السائدة — أثناء نضج الثمار (Hancock ١٩٩٩).

ويبين جدول (٦–٢) مستويات السكريات والأحماض الكربوكسيلية غير المتطايرة فى ثمار الفراولة الناضجة.

جدول (٦–٢): مستويات السكريات والأحماض الكربوكسيلية غير المتطايرة فى ثمار الفراولة الناضجة.

المركبات المسئولة عن الطعم	المدى (جم/١٠٠ جم ثمار طازجة)
Sugars	
Fructose	1.0 - 3.5
Glucose	1.4 - 3.4
Sucrose	0.2 – 2.5
Amino acids	
Aspartic	Trace – 0.03
Glutamic	Trace – 0.04
Carboxylic acids	
Citric	0.29 – 1.24
Malic	0.09 – 0.68

ولقد أمكن التعرف على مئات الإسترات المتطايرة أثناء نضج ثمار الفراولة وتَكوّن رائحتها المميزة، وكان أكثرها تواجدًا إسترات المثيل وإسترات الإثيل لحامضى الـ butanoic والـ hexanoic. وعُرفت مركبات أخرى بتركيزات عالية، تضمنت: trans–2-hexenyl acetate، و trans-2-hexenal، و trans-2-hexenol، و 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H) furanone الذى يُعرف باسم furaneol. ويتباين تركيز تلك المركبات كثيرًا بين الأصناف.

وتتباين الرائحة العطرية كذلك بين أنواع الجنس *Fragaria*، ويتميز النوعين *F. vesca*، و *F. virginiana* برائحة قوية عن الأصناف المزروعة.

ويعتقد كثير من الباحثين أن للـ furaneol، والـ mesifurance أهمية كبيرة فى تحديد رائحة الثمار (Hancock ١٩٩٩).

ويُبين جدول (٦–٣) بعض المركبات المتطايرة الممثلة لمختلف خصائص روائح ثمار الفراولة.

جدول (٦-٣): بعض المركبات المتطايرة المثلة لمختلف خصائص روائح ثمار الفراولة.

خصائص الرائحة	المجموعة الكيميائية	المركبات الممثلة لها
Fruity	Low mol. wt esters	Ethylbutanoate
		Ethyl hexanoate
		Hexyl acetate
		Isoamyl acetate
	Ketones	2-Heptanone
	Lactones	γ-Decanolactone
Floral/citrus	Terpenols	Linalool
		α-Terpineol
Burntsugar	Furanones	Furaneol
	Ketones	3-Hydroxybutabnone
Spicy	Various	Ethyl cinnamate
Buttery	Low mol. wt diones	Diacetyl
Nutty	Benzene derivative	Benzaldehyde
Herbaceous	Unsat. aldehydes	t-2-Hexenal
	Unsat. alcohols	t-2-Hexen-1-ol
	Unsat. esters	t-2-Hexenyl acetate
Baked/cooked	Furaldehydes	Furfural
Fatty/waxy/coconut	Lactones	γ- Caprolactone
	Inter. wt alcohols	Lauryl alcohol
Rancid	Sat. aldehydes	Hexanal
Goaty	Vol. fatty acids	2-methylthiol acetate
Sulphurous	Thiol esters	Methylthiol acetate
Chemical	Various	Naphthalene

تأثير المعاملات الزراعية

تأثير بيئة الزراعة

أسرعت بيئة قشور الأرز لزراعة الفراولة من إزهار الصنفين كاماروزا ومارك. وأظهر الصنفان كاماروزا وسِلفا بطئًا فى النمو فى بيئة قشور الأرز، بينما نمت

نباتات الصنف مارك بطيئًا فى بيئة قشور الأرز مع نواتج تقليم شجرة الجميز (Ameri وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير الكمبوست

أدت إضافة الفيرميكمبوست للتربة إلى تحسين إنتاج الكتلة البيولوجية للفراولة وارتفاع النبات ومساحة الورقة، وأيضًا إلى زيادة محصول الثمار، ومتوسط وزن الثمرة ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية وفيتامين ج. وقد أدت إضافة الكمبوست إلى زيادة محتوى الكلوروفيل ومعدل صافى البناء الضوئى، وأحدثت تحسنًا واضحًا فى نشاط السوبرأوكسيد ديسميوتيز، وخفَّضت من محتوى الـ malondialdehyde. كذلك وُجد تحسنًا جوهريًّا جراء المعاملة فى النشاط الإنزيمى لكائنات التربة الدقيقة، والسعة التبادلية الكاتيونية بها، وفى نشاط الجذور (Zuo وآخرون ٢٠١٨).

تأثير الشد الرطوبى

أحدث الشد الرطوبى المعتدل (‎-70 kPa) للفراولة زيادة جوهرية فى محتوى الثمار من السكريات (من ١,١ إلى ١,٣ مثل)، والأحماض العضوية (من ١,١ إلى ١,٣ مثل)، والنسبة بينهما (من ١,١ إلى ١,٢ مثل)، وكذلك محتوى أهم الفينولات التى أمكن التعرف عليها (Weber وآخرون ٢٠١٧).

تأثير التسميد بالفوسفور

وُجد ارتباط جوهرى مُوجب بين محتوى ثمرة الفراولة من المواد الصلبة الذائبة الكلية ومحتواها من الفوسفور، وذلك فى الثمار المكتملة النضج. وُجد ذلك لدى تقييم ٢٤ صنفًا (r = ٠,٩٥)، ثم وُجد الارتباط لدى إجراء الحصاد فى تواريخ مختلفة (r = ٠,٩٦)، وبين أجزاء مختلفة (قمة ووسط وقاعدة) من الثمرة (٠,٨٧). ولقد أدت معاملة نباتات الفراولة بحامض الفوسفوريك بتركيز ٦,٠ مللى مول إلى زيادة محتوى الفوسفور بنسبة ٤٥,٠٪ وزيادة محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية بنسبة ١٦,٧٪. كذلك أدت المعاملة بحامض الفوسفوريك إلى زيادة معدل البناء الضوئى بنسبة ٢٨,٨٪، وزيادة كفاءة استخدام المياه بنسبة ١٦,١٪ (Cao وآخرون ٢٠١٥).

تأثير المعاملات الحيوية

تأثير البكتيريا التى تتعايش داخلياً مع النباتات

دُرس تأثير السلالتين البكتيريتين المنشطين للنمو الداخليتا التعايش مع النباتات endophytes: السلالة UMCV2 من *Arthrobacter agilis*، والسلالة M4-96 من *Bacillus methylotrophicus* على نمو نباتات الفراولة فى مزارع الأنسجة، ثم نمو ومحصول النباتات التى تنمو منها. أدت المعاملة بأى من السلالتين إلى استعمار النسيج النباتى بالورقة (الميزوفيل) فى مزارع الأنسجة. وعندما نميت تلك النباتات بعد ذلك فى الصوبة لمدة ١٠ شهور فإن محصول ثمارها ازداد بنسبة ٤٢٪ عن محصول نباتات الكنترول (Soberano وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير البكتيريا المثبتة للآزوت

أعطى التسميد بكامل الكمية الموصى بها من النيتروجين مع التلقيح بالبكتيريا *Azotobacter* أفضل نموّ، وأعلى محصول وجودة لثمار الفراولة على قدم المساواة مع التسميد الآزوتى الكامل مع التلقيح بالبكتيريا *Azospirillum* (Reddy & Goyal ٢٠٢١).

تأثير الجمع بين المعاملة بالبيوشار مع الميكوريزا

أدى تلقيح نباتات الفراولة بالميكوريزا *Claroideogomus etunicatum* مع ٩٪ بيوشار biochar فى بيئة الزراعة إلى تكوين نموًّا جذريًّا قويًّا. أما الميكوريزا *C. pellucida* فإنها أفادت النموات الهوائية والكتلة البيولوجية للجذور، وحسَّنت الميكوريزا — عمومًا — من صفات جودة الثمار الكيميائية (Chiomento وآخرون ٢٠٢١).

تأثير معاملات خاصة على النمو والتطور وصفات الجودة

تأثير التغذية باليود

يُعد نقص اليود بين البشر مشكلة صحية تؤثر فى حوالى ثلث سكان العالم. ولقد وُجد أن تغذية نباتات الفراولة باليود (أيوديد iodide أو أيوديت iodate) أدت إلى

زيادة محتوى الثمار من العنصر إلى ٦٠٠–٤٠٠٠ ميكروجرام/كجم علمًا بأن الحد الأدنى اليومى الضرورى للفرد البالغ يقدر – حسب منظمة الصحة العالمية – بنحو ١٥٠ ميكروجرام. وقد ازداد امتصاص النباتات للعنصر بزيادة تركيز I^- أو IO_3^- فى بيئة الزراعة. ولقد أدى التركيز المنخفض من اليود ($I^- \leq$ ٠,٢٥ مجم/لتر أو $IO^- \leq$ ٠,٥٠ مجم/لتر) إلى تحفيز النمو النباتى، وزيادة الكتلة البيولوجية وتحسين جودة الثمار بزيادة محتواها من فيتامين ج والسكر الذائب (Li وآخرون ٢٠١٧).

تأثير التغذية بالسيلينيم العضوى على جودة الثمار

أحدثت معاملة نباتات الفراولة بالسيليينيم العضوى selenomethionine التأثيرات التالية:

١– زيادة محتوى الثمار من السكريات الكلية والسكروز والجلوكوز والفراكتوز؛ بتحسين نشاط الإنفرتيز والسكروز سِنثيز والسكروز فوسفيت سِينثيز، وخفض نشاط الهكسوكينيز.

٢– خفض واضح فى محتوى الأحماض الكلية، وحامض الستريك، وحامض الماليك؛ بخفض نشاط الإنزيمات: NAD-malic dehydrogenase، و NADP-malic enzyme، و citrate synthase.

٣– زيادة نسبة السكريات إلى الأحماض، وكانت المعاملة بتركيز ٦٠ مجم/لتر من الـ selenomethionine هى الأفضل فى هذا الشأن (Gao وآخرون ٢٠٢٢).

تأثير المعاملة بحامض الأبسيسك

أدت المعاملة الورقية للفراولة بمركب lanthanum nitrate (وهو $La(NO_3)_3$) إلى حث إنتاج حامض الأبسيسك بالثمار؛ مما أدى إلى التأثير إيجابيًّا على محتوى الثمار من فيتامين ج من خلال زيادة نشاط إنزيمات glutathione reductase، و dehydroascobate reductase، و monodehydroascorbate reductase، و L-galactone-1,4-lactone dehydrogenase، وخفض نشاط الإنزيمات: APX، و ascorbic acid oxidase (Shan وآخرون ٢٠١٨).

تأثير المعاملة بالمثيل جاسمونيت

يسود بروفيل التربينويدات المتطايرة لثمرة الفراولة كلاً من: nonoterpene, linalool، و sesquiterpene، و nerolidol. وتُنتج التربينويدات نتيجة لنشاط الإنزيم nerolidol synthase، وهو الذى يزداد نشاطه — ويزداد معه إنتاج التربينويدات — بالمعاملة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate، علمًا بأن التركيز المناسب للمعاملة يختلف باختلاف الصنف؛ فقد كان ١٠,٠ أو ١٠٠,٠ ميكرومول للصنف Yan Xiang، و ١,٠ ميكرومول للصنف Shu Xiang (Chang وآخرون ٢٠١٣).

كما أدى رش نباتات الفراولة بالميثيل جاسمونيت بتركيز ٠,١ مللى مول إلى زيادة محتوى الثمار الحمراء الناضجة من مركب pelargonidin-3-glucose بمقدار الضعفين — تقريبًا — فى الصنف 279/5 (Giné–Bordonaba & Terry 2016).

تأثير الكاينتين والبنزيل أمينوبيورين على جودة الثمار

دَرس تأثير الرش بكلٍّ من الكاينتين kinetin، والبنزيل أمينوبيورين 6-benzylaminopurine (وهما سيتوكينينيات cytokinins) بعد يوم واحد، و٣، و٥، و٧، و٩ أيام من التلقيح على جودة ثمار الفراولة (من النوع *F. vesca*)، ووجد أن المعاملة بهما أدت إلى:

١– زيادة وزن الثمرة ومحتواها من السكر الذائب بعد ٢٧–٣١ يومًا من التلقيح.

٢– زيادة تعبير الجينات المسئولة عن محتوى الأنثوسيانين وزيادة محتواه.

٣– وفى مرحلة الثمار الحمراء كان محتوى الثمار من الأنثوسيانين أعلى بمقدار ١,٥٩ مرة، وبمقدار ١,٤٥ مرة عند المعاملة بالكاينتين والبنزيل أمينوبيورين — على التوالى — مقارنة بالكنترول.

٤– زيادة فى محتوى مضادات الأكسدة: حامض الأسكوربك والفينولات الكلية.

٥– زيادة فى محتوى الميرستين myricetin، والكوريستين quercetin والكامبفِرول kaempferol (Dong وآخرون ٢٠٢٢).

تأثير المعاملة بالبراسينوستيرويدات

تُعد البراسينوستيرويدات brassinosteroides مركبات كيميائية نباتية طبيعية تنتجها النباتات أثناء نمو الثمار وتلعب دورًا حيويًّا فى تنظيم نموها ونضجها وجودتها. وقد دُرس تأثير الرش الورقى بعدة تركيزات من المركب 24-epibrassinolide، ووجد أنه حوَّر جوهريًّا من طريقة نمو الثمار ومعدل نموها، وقلَّص فترة نمو الثمرة وأسرع تبكيرها. كذلك أثرت المعاملة جوهريًّا على مظهر الثمار من حيث الشكل واللون. وأدت المعاملة بتركيز ١ ميكرومول/لتر إلى تحفيز نمو الثمار، وإلى جعل الثمار أكثر استدارة، مع تقليص فترة نموها كثيرًا. هذا.. إلا إن المعاملة بالتركيزات العالية أحدثت خفضًا فى صلابة الثمرة. كذلك حفَّزت المعاملة جوهريًّا من وزن الثمرة، ومحتواها الرطوبى ومحتواها من الفينولات الكلية والأنثوسيانين وأيض الكربوهيدرات (Zahedipour-Sheshglani & Asghari ٢٠٢٠).

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

التلون البرونزى للثمار

تتعرض ثمار الفراولة لثلاث طُرز من التلون البرونزى brnzing تُفقدها الصلاحية للتسويق. يحدث الطرازان I، و II فى مناطق محددة من الثمار ويسببهما تغذية الحشرات، وسمية المركبات الكيميائية، على التوالى. أما الطراز III فإنه يغطى كل سطح الثمرة ويكون مصاحبًا لعوامل الشدِّ البيئى، على الرغم من أن كثيرًا من المزارعين يعتقدون بأن مرده إلى تغذية حشرة التربس. وقد تبين بالدراسة أن هذا الطراز من التلون البرونزى يكون مصاحبًا للارتفاع فى درجة الحرارة وزيادة شدة الإشعاع الشمسى (Koike وآخرون ٢٠٠٩).

وتزداد ظاهرة التلون البرونزى لثمار الفراولة — التى لا يكون مردها إلى تغذية الحشرات أو إلى أضرار الرش بالكيماويات — فى ظروف ارتفاع درجة الحرارة، وانخفاض الرطوبة النسبية، وازدياد شدة الإشعاع الشمسى. ويؤدى الرش المتقطع بالرذاذ (التضبيب misting) فى منتصف النهار، وزيادة معدلات الرى بالتنقيط إلى الحدِّ من

تلك الظاهرة. ويحدث هذا التلون البرونزى نتيجة لتكوين بقع على سطح الثمرة فى مرحلة مبكرة من نموها، تصبح معها خلايا البشرة منضغطة، مع تجمع محتويات الخلايا فى كتل كثيفة قاتمة اللون، وهى أعراض تشبه ما يحدث فى حالات لسعة الشمس فى الخضر الأخرى (Polito وآخرون ٢٠٠٢).

الثمار الألبينو

عند ضعف الإضاءة تُنتج نباتات الفراولة نسبة عالية نسبيًّا من الثمار الألبينو والثمار الأقل حجمًا عما تنتجه النباتات التى تتعرض لإضاءة عادية كافية. ولا يبدو أن لنقص الكالسيوم علاقة بظاهرة إنتاج الثمار الألبينو، إلاّ إن زيادة قوة النمو الخضرى التى ترتبط بزيادة امتصاص النيتروجين والبوتاسيوم قد ترتبط إيجابيًّا مع الظاهرة (Sharma وآخرون ٢٠٠٦).

اصفرار بين العروق

ربما يكون مرد أعراض الاصفرار ما بين العروق فى أوراق الفراولة إلى زيادة محتوى الأوراق من الأمونيوم (Petrovic وآخرون ٢٠٠٩).

احتراق قمة الأوراق الحديثة

كثيرًا ما يظهر احتراق بقمة الأوراق الحديثة التكوين فى الفراولة، وهى الظاهرة التى كانت تُعزى إلى نقص الكالسيوم، إلاّ أن الدراسات الحديثة أوضحت عدم وجود أى ارتباط بين الظاهرة ونقص الكالسيوم، بينما اتضح أن ظهور هذه الظاهرة ذو صلة وثيقة بنسبة كلٍ من البوتاسيوم إلى الكالسيوم، والبوتاسيوم إلى المغنيسيوم فى الأوراق، حيث وُجدت مخاطر بنسبة ٥٠٪ لحدوث الظاهرة عندما ازدادت نسبة البوتاسيوم إلى المغنيسيوم عن ٣,٤٠، ونسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم عن ١,٧٧ (Palencia وآخرون ٢٠١٠).

الفصل السابع

الخرشـــوف

إنبات البذور

تُظهِر بذور الخرشوف تباينًا كبيرًا فى سرعة ونسبة إنباتها، مع انخفاض فى تجانس نمو البادرات، وتؤثر الحرارة الأعلى عن ٢٥ ْم سلبيًّا على خصائص الإنبات. وفى محاولة للتغلب على مشكلة الإنبات والتأثير السلبى للحرارة العالية عليه اختُبِر تأثير الـ seed priming فى محلول PEG8000 (1MPa) على ٢٠ ْم لمدة صفر إلى ١٧ يومًا فى صنفين من الخرشوف، ثم استنباتها على ٢٢ أو ٢٥/٣٥ ْم (نهار/ليل). كانت لجميع المحاولات تأثيرات سلبية ازدادت بزيادة فترة الـ priming وبزيادة درجة الحرارة (Damato & Calabrese ٢٠٠٧).

التهيئة للإزهار

الارتباع

لابد للخرشوف من الارتباع لتحدث به التهيئة لتكوين براعم زهرية. يحدث ذلك بعد الزراعة عندما تتعرض الشتلات للجو البارد (لمدة ٨–١٠ أيام، أو لنحو ١٩٠ إلى ٢٤٠ ساعة من التعرض لحرارة لا تزيد عن ١٠ ْم). هذا.. إلاّ إن حرارة الصيف العالية قد تلغى أثر الارتباع devernalization؛ مما يجعل النباتات التى تُنتج براهم زهرية أقل عددًا. وتُعد الأصناف المنتجة حديثًا أكثر مقاومة لظاهرة الـ devernalization (Bratsch ٢٠٠٦).

ولقد كانت ١٣٠٠ ساعة من الحرارة الأقل من ١٠ ْم كافية للارتباع الكامل لنباتات الصنفين Green Globe، و Imperial Star من الخرشوف. هذا إلاّ إن ٢٠٠ ساعة فقط كانت كافية لارتباع وإزهار ٨٠٪ من نباتات Imperial Star، مقارنة بنحو ٢٥٪ فقط من نباتات Green Globe. وبالمقارنة.. فإن نباتات Grand Buerre، و Talpiot لم تُزهر

حتى بعد التعرض لـ ٥٠٠ ساعة من البرودة الأقل من ١٠ ْم. أما الصنف Emerald فإن احتياجاته للارتباع منخفضة جدًّا (Oregon State University ٢٠٠٢).

ووُجد أن معاملة ارتباع عُقل الخرشوف من الصنف Violet d'Hyères بتعرضها لحرارة ٥ ْم لمدة ٢–٣ أسابيع فى الظلام — وليس فى الضوء — أدى إلى تحسين تطور النمو النباتى للعقل؛ الأمر الذى انعكس على زيادة المحصول، والتبكير، وصفات الجودة البستانية للرؤوس (Riahi وآخرون ٢٠٢٠).

المعاملة بالجبريللين

يُفيد رش نباتات الخرشوف بالجبريللين لأجل زيادة إنتاجها للنورات الزهرية. تُعطى عدة رشات بتركيز ٢٠ جزءًا فى المليون (٢٠٠ لتر/فدان)، تكون أولاها بعد الزراعة بنحو ٥–٨ أسابيع، ويجب ألا يقل قطر النمو الخضرى حينئذٍ عن ٣٠–٤٠ سم، وتكرر هذه المعاملة مرتين إضافيتين كل أسبوعين. وتجدر الإشارة إلى إن المعاملة تُحدِث نقصًا فى حجم النورات الزهرية؛ الأمر الذى قد يكون مرده إلى زيادة حمل النباتات لتلك النورات (Bratsch ٢٠٠٦).

تأثير الشدِّ الرطوبى وكثافة الزراعة

كان حامض الكلوروجنك هو أكثر الأحماض الفينولية تواجدًا فى الأوراق (٤٨١ مجم/كجم وزن جاف). وثانى أكثر الأحماض الفينولية تواجدًا فى الرؤوس النورية (٢١٣ مجم/كجم وزن جاف)، وذلك فى ظروف عدم الشدِّ الرطوبى. أما فى ظروف الشدِّ الرطوبى فقد ازداد تركيز كلاً من حامض الكلوروجنك وحامض الكافيك، و 1-3,dicaffeoylqunic acid، و 1-5-dicaffeoylqunic acid، بينما انخفض تركيز الـ epigenin، و الـ luteolin، وذلك فى كلٍّ من الأوراق والرؤوس النورية. كذلك لوحظت زيادة فى كلٍّ من البرولين وفوق أكسيد الأيدروجين والـ malondialdhyde، ونشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة تحت ظروف الشدِّ الملحى. ولقد كان الكاتاليز أكثر الإنزيمات المضادة للأكسدة نشاطًا. كذلك أدى الشدِّ الرطوبى إلى زيادة محتوى

الكاروتينويدات وانخفاض فى محتوى الكلوروفيل فى الرؤوس النورية (Nouraei وآخرون ٢٠١٨).

وأظهرت دراسة أُجريت على رى الخرشوف بما مقداره ٤٠٪، و٦٠٪، و٨٠٪ من السعة الحقلية أن المساحة الورقية، والمادة الجافة، وتركيز الكلوروفيل حدث لها انخفاض مع زيادة الشدِّ الرطوبى، بينما ازداد تركيز البرولين بزيادة الشدِّ. وكان أعلى إنتاج من كلٍ من حامض الكافيك، وحامض الكلوروجنك، والمحتوى الفينولى الكلى (٥,١٤، و ٨,٢٤، و٥,٠١ جم/م٢، على التوالى) فى معاملة الرى التى كانت بمعدل ٨٠٪ من السعة الحقلية، كما كانت أعلى القيم لتلك المكونات (٥,٩، و٩,٣٨، و ٥,٦٠ جم/م٢، على التوالى) عندما كانت كثافة الزراعة ٦ نباتات/م٢، مقارنة بكثافات ٢، و٤ و٨ نباتات/م٢ (Siadat-Jamian وآخرون ٢٠١٩).

علاقة ترتيب رتبة النورة بالقدرة التخزينية والمحتوى الغذائى

وُجد أن المحتوى الفينولى الكلى لنورة الخرشوف (وهو المسئول عن طعم النورة ونكهتها وقيمتها الغذائية) كان أعلى فى نورات الرتبة الثالثة tertiary heads عما فى نورات الرتبة الثانية secondary، والرتبة الأولى الرئيسية؛ بسبب ارتفاع تركيز ما تحتويه من الـ hydroxycinnamic acid، ومشتقات اللوتيولين luteilin. وعندما خُزِّنت نورات الرتب الثلاث تخزينًا باردًا كانت نورات الرتبة الثالثة الأقل فى الفقد فى الوزن والصلابة والأقل فى معدل التنفس أثناء التخزين، والتى احتفظت بجودتها لفترة أطول؛ ربما بسبب زيادة محتواها من مضادات الأكسدة. ويُستفاد مما تقدم أن نورات الرتبة الثالثة هى الأكثر قدرة على تحمل التخزين البارد لأجل الاستهلاك؛ هذا.. إلاّ إن نورات الرتبة الأولى — الأكبر حجمًا — هى الأكثر تفضيلاً من قِبل المستهلك (Giménez وآخرون ٢٠٢٢).

العيوب الفسيولوجية للنورات

يؤدى الجو الحار الجاف إلى سرعة تفتح قنابات النورات الزهرية للخرشوف ويفقد

الجزء المأكول غضاضته. ويفيد الرى فى خفض الحرارة فى محيط النمو الخضرى بما يكفى لمنع تفتح القنابات.

وفى الجو البارد (حرارة التجمد أو القريبة منها) تتمزق طبقة الجلد الخارجية فى الخرشوف؛ مما يعطى النورات مظهرًا متقرحًا أبيض اللون. وفى خلال أيام قليلة يكتسب الجلد المتقرح لونًا داكنًا. وعلى الرغم من أن ذلك لا يؤثر على الجودة الأكلية للخرشوف، فإنه يُسبب مشاكل فى تسويقه.

وقد يُحدِث الشدِّ الرطوبى عيبًا فسيولوجيًّا يسمى القمة السوداء black tip. لا يُصيب هذا العيب الفسيولوجى سوى القنابات الخارجية المكشوفة من النورات الإبطية الصغيرة. تًصبح قمة القنابات المتأثرة بلون داكن إلى أسود، وجافة، وجلدية. ولا تتأثر الخصائص الأكلية للجزء المأكول من النورات المصابة بهذا العيب الفسيولوجى، ولكنها تكون غير صالحة للتسويق. وقد تُصبح الأجزاء المتأثرة مدخلاً للكائنات المسببة للعفن. ويزداد ظهور هذا العيب الفسيولوجى خلال الأيام الدافئة المشمسة، خاصة عند هبوب رياح حارة تضع النباتات تحت حالة من الشدِّ الرطوبى. ولذا.. يتعين الاهتمام بالرى لتجنب الإصابة بهذا العيب الفسيولوجى (Oregon Stat University ٢٠٠٢).

أهمية التلقيح الحشرى لإنتاج البذور

وُجد أن نوعا نحل العسل *Apis mellifera ligustica*، و *A. mellifera sicilliana* يعملان جيدًا فى تلقيح أزهار الخرشوف من صنف حوض البحر الأبيض المتوسط Violetto di Sicilia، بينما يعمل نوع النحل الطنَّان *Bombus terrestris* جيدًا فى تلقيح الصنف البرازيلى NP4 (Mazzeo وآخرون ٢٠٢٠).

الفصل الثامن

الخضر الجذرية والدرنية : البطاطس – البطاطا- الجزر – الفجل – الطرطوفة - القلقاس

البطاطس

تأثير التخضير والعمر الفسيولوجى

دُرس تأثير التخضير Chitting الخفيف للتقاوى قبل زراعتها على إسراع نضج المحصول فى أربعة أصناف من البطاطس تتباين فى موعد نضجها الطبيعى، مع إحداث تباين فى عمرها الفسيولوجى بتعريضها لظروف مستحِثة للنموات (حرارة ١٣–١٥ °م، ورطوبة نسبية ٤٠٪–٥٠٪، وضوء منتشر diffused بقوة ١١–٢٠ ميكرومول/م٢/ثانية)؛ حيث ازداد عمرها الفسيولوجى بزيادة فترة تعرضها لظروف حث التبرعم، وذلك كما ظهر من نسبة البراعم المتكونة وطول النمو/درنة، وعدد السيقان/نبات. وقد أدت زيادة فترة التخضير إلى زيادة عدد السيقان/نبات؛ الأمر الذى ارتبط بزيادة عدد الدرنات/نبات. ولقد أدت زيادة العمر الفسيولوجى للتقاوى إلى إحداث إسراع جوهرى فى النمو النباتى بتقليل عدد الأيام حتى الإنبات وحتى تكوين الدرنات، وإسراع النمو الخضرى فى كل الأصناف، وزيادة دليل الحصاد والمحصول والكثافة النوعية للدرنات، دونما أى تأثير على النمو الثانوى بها. هذا إلاّ إن التبكير فى النضج لم يظهر فى صنف مبكر (Superior) من مجمل الأصناف التى استُخدمت فى الدراسة (Chang وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير شد الجفاف وانضغاط التربة

يؤدى انضغاط التربة وجفافها إلى ضعف النمو الجذرى للبطاطس، والحد من تيسر الرطوبة للنباتات، على التوالى؛ مما يؤدى إلى نقص الرطوبة بالأوراق. ولقد وُجد أن انضغاط التربة بكثرة مرور الآلات عليها حدَّ من النمو النباتى، بينما لم يتأثر جوهريًّا محتوى الأوراق المائى ومعدل البناء الضوئى ومستوى حامض الأبسيسك بالأوراق بالمعاملات. ولقد ارتبط

المحصول خطيًّا مع الكتلة البيولوجية للنبات فى منتصف موسم النمو. وبينما أدى انضغاط التربة ونقص الرطوبة الأرضية إلى خفض محصول الدرنات بنسبة ٢٣٪ إلى ٣٫٤٪، فإن توزيع حجم الدرنات اعتمد أكثر على الرطوبة الأرضية فيها أكثر من تأثير انضغاط التربة. وقد أنتجت النباتات التى تعرضت للجفاف درنات صغيرة كبيرة مقارنة بإنتاج نباتات الكنترول (Huntenburg وآخرون ٢٠٢١).

تنشيط الميكوريزا للإنزيمات المضادة للأكسدة

أدى تلقيح البطاطس بالميكوريزا arbuscular mycorrhizas إلى تنشيط الإنزيمات المضادة للأكسدة: كاتاليز، وبيروكسيديز، وأسكوربيت بيروكسيديز بالأوراق أو بالأوراق والجذور حسب الصنف، وكان لذلك مردود إيجابى على المحصول، حيث ازداد بنسب تراوحت بين ٢٠٪، و٣٦٪ حسب الصنف (Adavi وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير التغذية بالسيليكون على استفادة النبات من الفوسفور

يمكن أن يُحسِّن السيليكون من كفاءة استخدام النبات للفوسفور بزيادة تيسره فى التربة؛ بما يعنى زيادة المحصول فى ظروف نقص الفوسفور. وقد أدت إضافة السيليكون للبطاطس إلى زيادة الفوسفور العضوى وغير العضوى بالأوراق. وفى المستويات المنخفضة من التسميد بالفوسفور، أدت المعاملة بالسيليكون — كذلك — إلى زيادة الفوسفور العضوى بالدرنات، إلاّ إن ذلك لم يُحسِّن من إنتاج المادة الجافة أو محصول الدرنات. وبالمقارنة.. أدى التسميد بالفوسفور إلى زيادة نمو ومحصول النباتات. كذلك ازداد امتصاص النباتات للسيليكون مع التسميد بالفوسفور والمعاملة بالسيليكون (Sorratto وآخرون ٢٠١٩).

تأثير المعاملة بمنظمات النمو على النمو الخضرى والمحصول

يتميز صنف البطاطس Bondi بنموه الخضرى القوى الغزير، وبمحتواه العالى من الجبريللينات؛ مما يجعله مثالى لدراسة كفاءة مثبطات تمثيل الجبريللين فى الحد من النمو الخضرى وزيادة المحصول. ولقد وُجد أن رش النمو الخضرى بالـ prohexadione-calcium يُضعف النمو الخضرى دونما أى تأثير على عدد الدرنات أو حجمها أو

المحصول. وعلى خلاف ذلك.. أدت المعاملة بالبكلوبترازول baclobutrazol قبل بدء وضع الدرنات إلى تقليل أقصى نمو خضرى من ٩١ إلى ٣٦ طن/هكتار، وزيادة محصول الدرنات/نبات من ٤,٤ إلى ٨,٩ كجم، وتقليل متوسط الوزن الطازج للدرنة من ٢٩٦ إلى ١٨٨ جم/درنة، دونما أى خفض لمحصول الدرنات؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة دليل الحصاد. هذا.. إلاّ إنه عندما كانت المعاملة بالبكلوبترازول بعد بدء وضع الدرنات، فإنها خفَّضت أقصى نمو خضرى من ٩١ إلى ٧٢ طن/هكتار دونما أى تأثير على عدد الدرنات أو حجمها أو المحصول. ويعنى ذلك أن البكلوبترازول يمكن أن يُحوِّر من العلاقة بين مصدر البناء الضوئى source ومكان تخزين الغذاء بالدرنات sink لأجل زيادة كفاءة الإنتاج (Ellis وآخرون ٢٠٢٠).

العيوب الفسيولوجية

الاخضرار

ازداد محتوى جلد الدرنة من الكلوروفيل ٥–٨ أمثال بزيادة فترة التعرض للضوء من صفر إلى سبعة أيام فى كل الأصناف المختبرة. حدث ذلك فى بارانشيمية القشرة بعمق ١,٥ مم تحت البيريدرم، بينما كانت الفلورة الذاتية autofluorescence للكلوروبلاستيدات واضحة تحت الأشعة فوق البنفسجية. وقد اشتملت عملية الاخضرار على فقدان الغشاء البلازمى، وتحلل حبيبات النشا، وتكوين جرانا grana فى البلاستيدات عديمة اللون amyloplasts، مع تكوين الكلوروفيل. هذا.. وقد ازداد الاخضرار المستحث بالضوء بزيادة معدل التسميد بالنيتروجين (Zhang وآخرون ٢٠٢٠).

القلب الأسود

وُجد أن الإصابة بالقلب الأسود تزداد مع زيادة فترة التخزين، وكانت أكثر سلالات البطاطس قابلية للإصابة هى التى يتراكم فيها السكريات المختزلة، بينما كانت نظائر حامض الكلوروجنك أكثر تواجدًا فى لُب درنات السلالات الأقل قابلية للإصابة (Kiaitsi وآخرون ٢٠٢٠).

التبقع البنى الداخلى

يظهر العيب الفسيولوجى التبقع البنى الداخلى internal brown spot بفعل التعرض لبعض حالات الشد البيئى، مثل الحرارة العالية، والجفاف. وقد أدى رش النموات الخضرية للبطاطس بكلوريد البوتاسيوم إلى خفض الإصابة بالعيب الفسيولوجى، وكان الخفض بنسبة ٣٠٪، و٥٠٪ عندما كان تركيز محلول كلوريد البوتاسيوم المستخدم فى الرش منخفض وعالٍ، على التوالى. كذلك أدى الحد من معدل الرى إلى خفض الإصابة بالعيب الفسيولوجى بنسبة ٣٩٪ (Pentangelo وآخرون ٢٠٢١).

البطاطا

ارتباطات النمو

يتوقف نمو الجذور الخازنة فى البطاطا على كل من قدرة الجذور الخازنة على جذب الغذاء إليها (sinkstrength)، وقدرة الأوراق على ضخ وتقدير الغذاء المجهز منها، والقدرة التمثيلية للأوراق ذاتها. هذا ويحفز تكوين الجذور الخازنة تصدير الغذاء المجهز من الأوراق، وزيادة القدرة التمثيلية لهذه الأوراق (Keutgen وآخرون ٢٠٠٢).

ويزداد تكوين الجذور العرضية فى البطاطا حتى ١٩–٢١ يومًا بعد شتل الـ slips، ثم يستمر العدد ثابتًا حتى ٣٢–٣٥ يومًا بعد الشتل، لكن وُجد أن غالبية الجذور الخازنة (٨٦٪ فى Beauregard، و٨٩٪ فى Georgia Jet) تنشأ من الجذور العرضية التى تتكون بعد ٥–٧ أيام من الشتل (Villordon وآخرون ٢٠٠٩).

ووُجد أن محصول جذور البطاطا انخفض عندما تراكمت كتلة بيولوجية مُفرطة فى النمو الخضرى (Pérez-Pazos وآخرون ٢٠٢١).

وقد ظهرت اختلافات وراثية بين أصناف البطاطا فى كفاءة امتصاص الفوسفور، وتبين أن ذلك الأمر ارتبط بكلٍّ من صفتى العدد العالى للجذور الجانبية وكثافتها اللتان يُنتخب لهما بصورة غير مباشرة فى برامج التربية لأجل التكوين المبكر للجذور الخازنة وللمحصول الجيد فى الظروف البيئية المختلفة (Villordon وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير التسميد الآزوتى على القيمة الغذائية للأوراق

تؤكل أوراق البطاطا فى عديد من دول العالم، وهى تتميز بالقيمة الغذائية والطبية العالية. وتتوفر أصناف مخصصة لاستهلاك الأوراق، منها: Pushu 53، و Tainong 71. وعندما دُرس المحتوى الغذائى لهذين الصنفين فى ظروف وفرة النيتروجين ونقصه، وجد ما يلى:

١- أدى نقص النيتروجين إلى انخفاض فى النمو الخضرى ومحتوى الكاروتينويدات والكلوروفيل، وفى معدل البناء الضوئى، وفى نشاط الإنزيم nitrate reductase.

٢- وفى الوقت ذاته أدى نقص النيتروجين إلى زيادة النمو الجذرى، وزيادة نشاط الإنزيم glutamine synthase.

٣- خفَّض نقص النيتروجين جوهريًّا من محتوى الأحماض الأمينية الضرورية — متضمنة: الليسين والفينيل ألانين والأيزوليوسين والتربتوفان والليوسين والفالين — وكذلك الأحماض الأمينية غير الضرورية — متضمنة: حامض الجلوتامك وحامض الأسبارتك والجليسين والأرجنين والبرولين.

٤- كان الصنف ذات الأوراق الفاتحة اللون Tainong 71 حسّاسًا لنقص النيتروجين، بينما كان الصنف ذات الأوراق الخضراء القاتمة اللون Pushu 53 أكثر تحملاً لنقص العنصر (Zhang وآخرون ٢٠١٥).

تأثير الشد الرطوبى

أحدث تعريض نباتات البطاطا لشدٍّ رطوبى لمدة ٥ أو ١٠ أيام بعد شتل الشتلات خفضًا فى عدد الجذور الخازنة بنسبة ٤٢٪، و ٦٦٪ – على التوالى – تحت ظروف الزراعة المحمية. وتحت ظروف الحقل أحدث الشدّ الرطوبى خلال فترة تكوين الجذور الخازنة خفضًا قدره ٤٩٪ فى جذور الدرجة الأولى (Solis وآخرون ٢٠١٤).

ولقد وُجد أن استهلاك محصول البطاطا من الماء خلال موسم النمو كان ٨٠٨، و٨٢٦ مم فى صنفين من المحصول. ولقد تأثرت كل دلائل النمو سلبيًّا بنقص الرطوبة الأرضية، إلاّ إن

معظم خصائص الجودة التى دُرست (مثل المادة الجافة الكلية والنشا والبيتاكاروتين وحامض الأسكوربيك والبروتين ومحتوى السكاروز والجلوكوز فى كلا الصنفين، والرماد ash الكلى والألياف والمحتوى الفينولى لأحد الصنفين، والنشاط المضاد للأكسدة فى الصنف الثانى) لم تتأثر بخفض معدل الرى (Karakas وآخرون ٢٠٢١).

العيوب الفسيولوجية

الجذور الرفيعة الطويلة

الجذور الرفيعة الطويلة long, string roots تتكون عند زيادة الرطوبة الأرضية أو سوء الصرف، كما يمكن أن تتكون عند المبالغة فى التسميد، ويكون ذلك على حساب المحصول من الجذور الممتلئة الصالحة للتسويق (Maynard & Hill ٢٠١٢).

العفن الطرفى

يظهر العفن الطرفى tip rot (وهو عفن مُحدَّد فى نهاية الجذر) بجذور البطاطا، ويبدو كبقعة مُحدَّدة عند أو بالقرب من طرف الساق proximal end للجذور الخازنة، وذلك بعد ٢–٣ أسابيع من التخزين، وفى كثير من الأحيان تتسع تلك البقع داخليًّا فى الجذر. وبعد نحو ١–٢ شهر من التخزين كان ظهور هذا العرض غالبًا بجذور النباتات التى كانت قد عُومِلت بالإثيفون بغرض تجريد النباتات من أوراقها قبل الحصاد، وارتبطت شدته بوضوح مع معدل الرش بالإثيفون، لكنها انخفضت عندما عُومِلت الجذور قبل التخزين (Arancibia وآخرون ٢٠١٣).

ولقد أدت معاملة النموات الخضرية للبطاطا بالإثيفون قبل حصادها بأسبوعين، ثم وضع الجذور مباشرة بعد الحصاد — دون معالجة — فى مخازن على ١٥,٥ °م إلى إحداث أكبر إصابة بالعفن الطرفى للجذور، ووجدت اختلافات بين أصناف وسلالات البطاطا فى هذا الشأن. وعندما لم يُستعمل الإثيفون وعُولِجت الجذور مباشرة بعد الحصاد فإن الإصابة بالعفن الطرفى كانت منخفضة (Clark وآخرون ٢٠١٣).

التحلل الداخلى

كان التحلل الداخلى للجذور internal necrosis أعلى ما يكون عندما عُومِلت النباتات بالإثيفون قبل الحصاد وعولِجت الجذور مباشرة بعد الحصاد، مع تباين بين الأصناف والسلالات فى هذا الشأن (Clark وآخرون ٢٠١٣).

هذا.. ولم يكن للتسميد البوتاسى تأثيرًا يُذكر على إصابة جذور البطاطا بالتحلل الداخلى internal necrosis، إلا إن جزّ (mowing) النموات الخضرية قبل الحصاد خفَّضت حالات الإصابة بالتحلل الداخلى عندما عُولِجت الجذور لمدة ٣–٤ أيام على حرارة ٢٤ °م، وكان ذلك أفضل من المعالجة لمدة أسبوع حتى خمسة أسابيع وحرارة ٣٠ °م (de Espinosa Baselga وآخرون ٢٠٢٠).

التلون البنى الداخلى

ازدادت شدة الإصابة بالتلون البنى الداخلى internal browning بالجذور الخازنة عندما أُنتجت جذورًا كبيرة الحجم فى ظروف النمو الخضرى القوى، وذلك عند زيادة معدل التسميد عند الزراعة. وفى المقابل .. ارتبط تثبيط نمو الجذور بإسقاط الأوراق فى المراحل المبكرة لاكتمال تكوين الجذور، أو بالتظليل أثناء مرحلة اكتمال تكوين الجذور، أو بالمعاملتين معًا.. ارتباط ذلك بتثبيط التلون البنى الداخلى (Fukuoka وآخرون ٢٠١٩).

الجزر

العيوب الفسيولوجية

الجذور المتفرعة

تأثرت كمية الإصابة فى جذور الجزر الخازنة بالتفَرُّع forking أكثر ما يمكن بانخفاض الرطوبة الأرضية فى الأرض الرملية عما كان عليه الحال فى أرض طميية. وازدادت كتلة الجذور المنشقة مع زيادة الرطوبة الأرضية فى نوعى التربة، ووُجد تفاعل جوهرى بين نوع التربة والتسميد بالنيتروجين، فكانت كتلة الجذور المنشقة فى الأرض الرملية أعلى جوهريًّا بالتسميد الآزوتى (Gutezeit ٢٠٠١).

الجلد البنى

يتميز العيب الفسيولوجى الجلد البنى surface browning بظهور بقع أو مناطق بنية اللون على سطح الجذر. وفى الحالات الشديدة قد تبدو تلك المناطق كجلد داكن يغطى معظم سطح الجذر. وهذا التلون يكون سطحيًّا غالبًا. وتظهر الأعراض عندما تُغسل الجذور ثم توضع فى مخازن باردة لفترات طويلة قبل تعبئتها.

ويؤدى التآكل abrasion — الذى يُسببه الغسيل الآلى — غالبًا إلى إزالة طبقة البشرة بالجذر، وتعريض النسيج الداخلى إلى أكسدة المركبات الفينولية، وهى التى تكتسب لونًا بنيًّا أو أسود. تظهر الخلايا المتأثرة تحت المجهر بلون بنى أو أسود وتكون منتشرة وميتة (Cheah & Brash ٢٠٠١).

التلون الفضى

غالبًا ما تُظهر الجذور المغسولة سطحًا متقشرة scaly عند التخزين. تظهر تلك الأعراض — وهى تلون فضى silvering – عندما تُصبح الجذور فاقدة لرطوبتها جزئيًّا. ويمكن بالتفريش أو التلميع إزالة تلك الطبقة، لكن ذلك قد يُعرض الجذور للإصابة بأعفان المخازن. وقد وُجد أن جذور طراز Nantes أكثر قابلية للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى عن جذور طراز Kuroda (Cheah & Brash ٢٠٠١).

المعاملة بالجبريللين كبديل للإرتباع

أحدثت معاملة رش النموات الخضرية للجزر (عندما زرعت جذور الصنف Nantes coreless وكانت بعمر ١٢ أسبوعًا ولم تُعطَ معاملة الارتباع) بتركيزات مختلفة من حامض الجبريلليك (تراوحت بين ٥٠، و٢٠٠ جزء فى المليون) بعد ٣ أسابيع من زراعة الجذور.. أحدثت معاملتها — فى المتوسط — ٨٤٪ إزهارًا، وازدادت هذه النسبة قليلاً إلى ٨٨٪ عندما أُعطيت النباتات رشة أخرى بالجبريللين بعد أسبوع من الأولى، لكن تأثير الرشة الثانية كان أوضح فى تبكير الإزهار بما لا يقل عن أسبوعين (Banadara & Tanino ١٩٩٥).

كذلك أدى رش حقول إنتاج بذور الجزر بالجبريلليين ١–٤ مرات بتركيز ٢٥٠ جزءًا فى المليون بدءًا من مرحلة نمو الورقة الحقيقية السادسة إلى الثامنة، ثم على فترات

شهرية بعد ذلك، أو مرة واحدة بتركيز ٧٥٠ جزءًا فى المليون للنباتات التى كانت فى مرحلة تكوين ٦–٨، أو ٨–١٠ أوراق حقيقية، أو بعد ذلك بحوالى شهر أو شهرين، أو ثلاثة شهور.. أدى ذلك كله إلى إسراع الشمرخة والإزهار ونضج البذور، مقارنة بما حدث فى نباتات الكنترول. وأدت زيادة المعاملة بالجبريللين (سواء بزيادة عدد مرات الرش، أم بزيادة تركيز محلول الرش) إلى زيادة محصول البذور مقارنة بمحصول نباتات الكنترول؛ بسبب زيادتها لأعداد البذور، ولكن المعاملات لم تؤثر على إنبات البذور. وكان أفضل وقت للمعاملة بالجبريللين عندما كانت النباتات فى مرحلة نمو ٨–١٠ أوراق حقيقية (Galmarini ١٩٩٥).

تحسين محصول البذور وجودتها بالرش بالأوكسينات

تتأثر جودة بذور الجزر بالنضج غير المتجانس للبذور فى مختلف رتب الجزر، ويمكن تحسين جودة البذور بتعديل رتب النورات إن أمكن بزيادة عدد نورات الرتبة الثانية. ولقد وُجد أن رش نباتات الجزر فى المراحل الأولى لنموها (حتى ٣٠ يومًا) بعد زراعة الشتلات الجذرية stecklings فى حقول إنتاج البذور.. رشها ثلاث مرات بأى من إندول حامض الخليك أو نفثالين حامض الخليك بتركيز ١٠٠ أو ٢٠٠ مجم/لتر حَوَّر من رتب نورات الجزر وأدى إلى زيادة عدد نورات الرتبة الثانية؛ الأمر الذى أدى — بدوره — إلى زيادة محصول البذور، وحسَّن نوعيتها. ولقد أدى الرش بتركيز ٢٠٠ مجم/لتر إلى توفير حماية للأغشية الخلوية للبذور ظهر فى التوصيل الكهربائى لراشح البذور، وربما كذلك بسبب ما أحدثته المعاملة من زيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة، وفى محتوى مضادات الأكسدة الكلية ومحتوى البذور من الفينولات (Noor وآخرون ٢٠٢٠).

الفجل

تأثير الأغطية البلاستيكية الملونة على النمو والمحصول والحنبطة

دُرس تأثير استعمال أغطية التربة البلاستيكية الشفافة والسوداء والخضراء للفجل على حرارة التربة، ومدى انعكاس ذلك على النمو والمحصول والحنبطة. ولقد وُجد أن استعمال

الأغطية البلاستيكية زادت جوهريًّا من طول الجذور وقطرها ووزنها، وكان تراكم الحرارة فى التربة جراء استعمال الأغطية البلاستيكية أكثر وضوحًا فى المراحل المبكرة للنمو قبل أن يغطى النمو الخضرى سطح التربة. وفى بداية فصل الربيع عندما كانت حرارة التربة منخفضة — غالبًا — عن ١٠ ْم؛ مما يؤدى إلى ارتباع النباتات، فإن استعمال الأغطية ساعد فى تثبيط عملية الحنبطة. هذا.. وكانت الأغطية الشفافة هى الأفضل فى تحسين النمو والمحصول وتثبيط الحنبطة، وتلتها الأغطية السوداء والخضراء (Lee & Park ٢٠٢٠).

تأثير الفترة الضوئية على تكوين الجذور

على عكس ما هو معروف من أن جذور الفجل تتكون أسرع فى النهار القصير، فإن جذور الفجل الشيرى Cherry نمت أسرع فى ظروف الفترة الضوئية الطويلة (١٦ ساعة ضوء/ ٨ ساعات ظلام)؛ حيث تكونت فى خلال ٣٠ يومًا وكان نمو النبات أقوى وكتلته البيولوجية أكبر فى تلك الظروف (Guo وآخرون ٢٠١٩).

المعاملات المؤثرة فى القيمة الغذائية

معاملات منظمات النمو

ازداد محتوى الجلوكوسينولات glucosinolates فى جذور الفجل استجابة للمعاملة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate، كما أدت تلك المعاملة إلى زيادة التعبير الجينى لتمثيل الجلوكوسينولات. أما المعاملة بحامض السلسيلك salicylic acid، فكان تأثيرها على محتوى الجلوكوسينولات أقل وضوحًا، بينما ثبَّطت المعاملة بحامض الأبسيسك abscisic acid تمثيل الجلوكوسينولات. كذلك ازداد محتوى الـ sulforaphane بأى من المعاملات الثلاث، وكان ذلك متفقًا مع تأثيرها على نشاط إنزيم الميروزينيز myrosinase (Chen وآخرون ٢٠١٩).

الموجات الصوتية وتأثيرها على نبت البذور

أوضحت دراسات حديثة أن الموجات الصوتية تنظم النمو، والمحتوى الكيميائى، والاستجابة لظروف الشدِّ فى النباتات. ولقد وُجد فى دراسة على نبت بذور الفجل والخس

والكرنب الصينى أن معاملتها بترددات مختلفة لموجات صوتية مسموعة (٠,٢٥، و٠,٨، و١,٠، و١,٥ كيلوهرتز kHz) لمدة ساعتين يوميًّا أو فى اليوم الأول والثالث والخامس لاستنباتها.. أن موجات صوتية خاصة أدت إلى زيادة المحتوى الفلافونويدى للنبت، وتوافق ذلك مع تحفيز لتعبير جينات تمثيل الفلافونويدات المفتاحية، وكانت الزيادة فى المحتوى الفلافونويدى مرتبطة بزيادة فى قدرة تضادية الأكسدة فى النبت (Kim وآخرون ٢٠٢١).

العيوب الفسيولوجية

تشقق الجذور

يحدث التشقق splitting فى جذور الفجل أثناء النمو والحصاد وبعد الحصاد. ولقد وُجد أن شدة التشقق تتناسب سلبيًّا مع درجة الحرارة؛ حيث تقلل الحرارة العالية من التشقق الذى قد يحدث جراء تأثير الإسقاط، وكانت الجذور الكبيرة أكثر مقاومة للتشقق، وازداد التشقق مع زيادة الرطوبة فى السويقة الجنينية السفلى hypototyl من الجذر المأكول (Lockley وآخرون ٢٠٢١).

التلون البنى الداخلى

يؤدى تعرض الفجل لحرارة تربة عالية أثناء نموه إلى إصابة الجذور بالعيب الفسيولوجى: التلون البنى الداخلى internal browning، وهو الذى يتمثل فى اكتساب أوعية الجذر لونًا بنيًّا (Fukuoka & Enomoto ٢٠١١).

الطرطوفة

تأثير ألوان الطيف على النمو والتطور

وُجد فى دراسة أُجريت على الطرطوفة أن التعريض للضوء الأزرق يُحفز نمو البادرات بزيادة الوزن الجاف للساق وصافى البناء الضوئى، كما ازدادت كفاءة البناء الضوئى تحت الضوء الأزرق عما كان عليه الحال تحت الضوء الفلورسنتى. وعمومًا.. فإن التعريض لأى من

الضوء الأزرق أو الضوء الأزرق مع الأحمر من لمبات LED أدى إلى تقصير النمو النباتى وزيادة اندماج النمو الخضرى (Seedapalee وآخرون ٢٠٢١).

القلقاس

تأثير الإنتاج بالغمر على الجودة

يُنتج القلقاس إما بدون غمر للحقل بالماء فى المناطق الجافة، وإما بالغمر فى المناطق الكثيرة الأمطار. ولقد وُجد أن الزراعة بالغمر تؤدى إلى زيادة محتوى الكورمات من مستويات البولى فينولات والنشاط المعتاد للأكسدة، وإلى خفض محتواها من الأوكسالات والنترات، وجاما — أمينو حامض البيوترك. كما قلل الإنتاج بالغمر من قسوة harshness الكورمة، وزاد من صلابة والتصاق معجون الكورمة الأم المجهز بالبخار (وهى الكورمات التى تُهمل عادة عند الإنتاج بدون غمر)؛ وبذا.. يجعلها الإنتاج بالغمر صالحة للاستهلاك (Yamanouchi وآخرون ٢٠٢٢).

الفصل التاسع

الخضر الثومية: البصل – الثوم

البصل

العوامل المؤثرة فى التبصيل ونمو الأبصال

يُستخلص من مقال يتناول موضوع تبصيل البصل bulbing ونمو أبصاله، ما يلى:

١– يُنظِّم التبصيل أكثر بالحرارة عنه بالفترة الضوئية.

٢– تُحَفِّز الأشعة تحت الحمراء التبصيل بكفاءة عالية.

٣– يؤدى التخزين فى الحرارة المتوسطة (٢٠–٢٥ °م) إلى زيادة محصول الأبصال، بينما تؤدى حرارة التخزين الأعلى (٢٥,٥ – ٣١ °م) والمنخفضة (صفر °م) إلى خفض المحصول.

٤– لكثافة الزراعة تأثير على حجم الأبصال؛ حيث تكون الأبصال أصغر حجمًا بزيادة كثافة الزراعة.

٥– يُعد البصل أكثر حساسيته للشدِّ المائى خلال مرحلة تكوين الأبصال وزيادتها فى الحجم عنه فى مرحلة النمو الخضرى.

٦– يُحسِّن النيتروجين من نمو البصلة؛ إلاّ إن زيادته بشدة يحفِّز النمو الخضرى الكثيف ويؤخر النضج.

٧– تحفز منظمات النمو (الجبريللينات والإثريل) نمو وتطور الأبصال (Khokhar ٢٠١٧).

تأثير شد الجفاف وحامض الهيوميك على النمو والمحصول والجودة

لم يكن لمعاملات تأخير الرى (حتى الرى عند ٦٠٪ من السعة الحقلية) وإضافات حامض الهيوميك (١٠٠ مجم/كجم تربة) أى تأثير جوهرى على محصول البصل الطازج. هذا.. إلاّ إن تأخير الرى – خاصة حتى الرى عند ٦٠٪ من السعة الحقلية)

قلل النمو النباتى، بينما أدت إضافة حامض الهيوميك إلى إحداث زيادة جوهرية فى النمو والكتلة البيولوجية، ومحتوى فيتامين ج، والمعادن مثل الكالسيوم، ومحتوى الأبصال من الفلافونويدات تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية (Forotaghe وآخرون ٢٠٢٢).

الثـــوم

نمو وتطور الثوم والعلاقة بالمحصول

إن أهم مكونات محصول أبصال الثوم ذات العلاقة المباشرة بكمية المحصول كلٍّ من كتلة الفص، وعدد الفصوص/بصلة (الرأس)، وقطر البصلة وطولها (ارتفاعها). ولطول الأوراق ونمو الأبصال الثانوية ارتباط سالب مع محصول الأبصال. وللنمو الثانوى ارتباط سالب كذلك مع عدد الفصوص/بصلة، والكتلة الجافة للجذور. ويرتبط تقليل الرى فى مرحلة تكوين الأبصال إيجابيًّا مع محصول الثوم، وسلبيًّا – بصورة ضعيفة – مع كتلة النبات الكلية وطول البصلة، ونمو الأبصال الثانوى (de Oliveira وآخرون ٢٠٢٠).

إنتاج ثوم غنى بعنصر الجِرمانيم

لعنصر الجِرمانيم germanium فوائد حيوية هامة لصحة الإنسان، ويُستخدم على نطاق واسع فى الجوانب الطبية ويمكن أن تمتص النباتات الجِرمانيم غير العضوى ليتراكم فيها ويتحول إلى مركبات جِرمانيم عضوية فى الأنسجة النباتية، وهى التى يمكن استعمالها فى الغذاء. كذلك فإن الجِرمانيم يمكن أن يُحسِّن من الوظائف الفسيولوجية فى النباتات، مثل تحمل شد الملوحة، ونشاط البيروكسيديز فى الأوراق. ولقد وُجد أن الرش الورقى للثوم بمحاليل GeO_2 بتركيز ٦–٧٢ مجم/لتر أثر جوهريًّا على تراكم الجرمانيم وتوزيعه فى نباتات الثوم. كما وُجد أن الرش الورقى بتركيز ٩–١٢ مجم/لتر خلال مرحلة الشمرخة bolting كان مناسبًا لإنتاج شماريخ ثوم وأبصال غنية بالجِرمانيم. وأدت معاملة التربة بـ ١٠٠ مجم GeO_2 مع الكائنات الدقيقة الفعَّالة effective microorganisms (اختصارًا: EM) إلى إنتاج بادرات ثوم غنية بالجِرمانيم (Li وآخرون ٢٠٢١).

الفصل العاشر

الخضر الكرنبية

الكرنب

تحسين إنبات البذور القديمة بفرزها بِمجس لاستشعاع الكلوروفيل

تم فرز بذور كرنب بعمر ١٤ سنة باستخدام مِجس لاستشعاع (فلورة) الكلوروفيل فى غلافها البذرى، الذى يدوم فيه الكلوروفيل أثناء التخزين. ولقد أظهرت البذور ذات الاستشعاع الكلوروفيللى المنخفض إنباتًا وقوة إنبات أعلى جوهريًّا؛ حيث كانت أقل احتواء على البذور ذات الغطاء الصلد. وحسَّنت عملية الفرز إنبات بذور الكرنب القديمة بنسبة حوالى ١٦٪ . وبذا .. فإن اختبار استشعاع الكلوروفيل يمكن استعماله كدليل آمن على قدرة البذور على الإنبات. ويمكن استعمال تلك التقنية فى تحسين إنبات لوطات بذور الكرنب؛ وبذور أى نوع آخر يوجد الكلوروفيل بأغلفة بذوره ويستمر فيه أثناء التخزين (Yadav وآخرون ٢٠١٥).

تأثير منشطات النمو البيولوجية على المحصول والجودة

أمكن باستعمال منشطات نمو بيولوجية فى معاملة بذور الكرنب الأحمر قبل زراعتها (seed bio-priming) خفض التسميد المعدنى إلى ٧٥٪ من المعدل الموصى به، مع إحداث زيادة فى محصول الرؤوس وتحسنًا فى جودتها. كانت أفضل المعاملات البيولوجية هى باستعمال الترايكودرما *Trichoderma harziamum* مع البكتيريا *Pseudomonas fluorescens*. كانت تلك المعاملة أفضل من معاملة التسميد المعدنى منفردة، أو المعاملة البيولوجية بـ *P. fluorescens* مع *Bacillus subtilis*. كان التحسن فى الجودة فى صورة زيادة فى محتوى الرؤوس من النحاس والبروتين. ولقد أدت المعاملة بنوعى البكتيريا فقط إلى زيادة محتوى الرؤوس من الفوسفور والبوتاسيوم والحديد والزنك والكربوهيدرات، بينما أدت المعاملة بالترايكودرما مع *B. subtilis* إلى

زيادة محتوى الرؤوس من المنجنيز وحامض الأسكوربك. ولم يكن لأى من المعاملات تأثيرًا جوهريًّا على محتوى البيتاكاروتين أو الأنثوسيانين بالرؤوس (Sarkar & Rakshit ٢٠٢١).

تأثير بعض المعاملات على النمو والجودة والقيمة الغذائية

الرش الورقى بالأحماض الأمينية

أدى رش نباتات الكرنب بمخلوط من ١٦ حمضًا أمينيًّا بتركيز ١٥٠ مجم/لتر إلى زيادة محتواها من البروتين والفينول والبرولين، كما أدت المعاملة إلى زيادة نشاط إنزيمى البيروكسيديز والكاتاليز، وخاصة تحت ظروف شد الجفاف (وهى عندما يكون الرى بعد وصول الرطوبة الأرضية إلى ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية). وقد أدى التعرض لشدِّ الجفاف إلى خفض معدل البناء الضوئى والوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى، بينما أدت معاملة الرش بالأحماض الأمينية إلى التغلب على تلك المشاكل وإلى تحسين النمو النباتى تحت تلك الظروف (Haghighi وآخرون ٢٠٢٠).

وقف التسميد بالنيتروجين حتى استنفاذه من بيئة الزراعة

صاحب استنفاذ النيتروجين من بيئة الزراعة لمدة أسبوعين زيادة جوهرية فى تركيز الأنثوسيانينات بالسوق والأوراق. ولقد كان أقصى تراكم للأنثوسيانين فى مرحلة النمو المبكر بعد ١٨ يومًا من التوقف عن تزويد النباتات بالنيتروجين (Socqet-Juglard وآخرون ٢٠٢٠).

التسميد بالمنجنيز

مع الزيادة فى مستوى المنجنيز فى مزرعة مائية من صفر حتى ٤٠٠ مللى مول ازداد محتوى النمو الخضرى للكرنب وجذوره من الكربوهيدرات الذائبة والبروتين وحامض الأسكوربك، إلا إن التركيزات العالية جدًّا من المنجنيز قللت من تلك المكونات (Ghorbanli وآخرون ٢٠١٥).

التغذية بالسيلينيم

أدى التسميد الأرضى للكرنب بمعدل ٢ ميكروجرام Se/لتر أو الرش الورقى مرتين بمعدل ٢٠ مجم Se/لتر فى صورة سيلينات الصوديوم إلى زيادة محتوى الأوراق من العنصر من أقل من ١٠٠ نانوجرام/جم وزن جاف — فى حالة الكنترول — إلى ٥٥٠٠ نانوجرام S/جم فى حالة الرش الورقى. هذا بينما لم يكن لأىٍّ من معاملتى السيلينيم أى تأثير على البناء الضوئى أو معدل التنفس أو نشاط نظام انتقال الإليكترونات أو كمية الكلوروفيل أو الأنثوسيانينات (Mechora وآخرون ٢٠١٤).

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

موت القمة النامية للبادرة

يمكن أن يتوقف نمو الميرستيم القمى لبادرات الصليبيات إذا ما زُرعت بذورها فى حرارة منخفضة؛ لتتكون ما تعرف بالبادرات العمياء blind seedlings، وهى التى يتوقف فيها النمو وتكوين أوراق جديدة. ولقد أمكن التغلب على حدوث تلك الظاهرة فى الكرنب وكرنب أبوركبة بنقع البذور فى الماء لمدة ساعة على ٢٢ ْم قبل زراعتها على صفر–٢ ْم. وقد حافظت البذور المعاملة على تأثير تلك المعاملة عندما جُففت قبل زراعتها فى الحرارة المنخفضة. كذلك أمكن إحداث نفس التأثير بتحضين البذور لمدة أربع ساعات مع كمية محدودة من الماء حتى وصول رطوبتها إلى ٢٠٪ (de Jonge وآخرون ٢٠١٨).

تشقق الرأس

يحدث التشقق cracking فى رأس الكرنب عندما تحدث زيادة فجائية فى الرطوبة الأرضية، وخاصة عند اقتراب الرأس من اكتمال تكوينها. فمع الزيادة الفجائية فى الرطوبة الأرضية تكبر الأوراق الصغيرة وتتمدد داخل الرأس بسرعة؛ مما يؤدى إلى تشقق الرأس.

ويمكن الحد من ظهور تلك الحالة بانتظام توفير الرطوبة من خلال التحكم فى معدل الرى، بينما يساعد نظام الصرف الجيد على التخلص من مياه الأمطار الغزيرة.

احتراق قمة الأوراق الداخلية

يُعد احتراق قمة الأوراق الداخلية internal tipburn للكرنب عيبًا فسيولوجيًّا خطيرًا قد تجعله غير مقبول أو غير صالح للتسويق. تبدو الأنسجة المتأثرة أولاً بلون رصاصى أو بنى فاتح ثم تتحول إلى البنى الداكن أو الأسود. ويفقد النسيج المتأثر ماءه ويأخذ مظهرًا ورقيًّا. ويتباين مدى الأعراض من مجرد شريط ضيق بامتداد حواف الورقة أو أوراق قليلة داخلية إلى منطقة واسعة تتضمن عددًا من الأوراق. ويزداد ظهور تلك الأعراض مع اقتراب الرؤوس من اكتمال نموها. وإذا ما حُصِدت رأس متأثرة بالعيب الفسيولوجى فى مرحلة مبكرة من تكوينها قد لا تلاحظ أعراض الإصابة. ولهذا السبب فإن كرنب الاستهلاك الطازج لا يُظهر غالبًا أعراض الإصابة مثلما يكون عليه الحال فى كرنب التصنيع الذى يكون حصاده عند اكتمال تكوينه. وقد تُصاب الأنسجة المتأثرة ببكتيريا العفن الطرى. هذا.. ويتعين قطع الرأس لتعرف إن كانت مصابة بالعيب الفسيولوجى أم سليمة.

ويظهر هذا العيب الفسيولوجى عند حدوث نقص موضعى للكالسيوم فى النسيج المتأثر. ولا يحدث النقص بالضرورة نتيجة لعدم توفر الكالسيوم للنبات، لكن نتيجة لخاصية انتقاله فى النبات مع الماء الممتص، حيث يصل معظم الكالسيوم إلى الأوراق الخارجية التى تنتح، حيث لا ينتقل منها، ولا يصل للأنسجة الميرستيمية فى الرأس غالبًا إلاّ بطريق التدفق الذى يُحدثه الضغط الجذرى، أو نتيجة لنشاط الميرستيم ليلاً.

ومن المعروف أن معدل النمو السريع يزيد من الإصابة باحتراق قمة وحواف الأوراق الداخلية، وربما يكون مرد ذلك إلى زيادة الحاجة للكالسيوم فى وحدة الزمن.

وتعمل الظروف التى يتساوى فيها النتح بين النهار والليل — سواء أكان عاليًا أم منخفضًا — إلى خفض التدفق الناشئ عن الضغط الجذرى؛ مما قد يزيد من الإصابة بالعيب الفسيولوجى.

وتزداد الإصابة باحتراق قمة الأوراق الداخلية — خاصة — عند زيادة معدل النمو مع انخفاض الضغط الجذرى خلال فترات شدِّ الجفاف الطويلة التى يسودها حرارة

عالية وإضاءة قوية خلال النهار وحرارة عالية ليلاً. ففى تلك الظروف لا يكون تدفق الكالسيوم إلى رأس الكرنب بالقدر الكافى.

ويوصى بزراعة أصناف الكرنب الأقل عرضة للإصابة باحتراق قمة الأوراق الداخلية (Everaarts & Blom-Zandstra ٢٠٠١).

ومن بين الظروف التى تزيد من شدة الإصابة الجفاف وغدق التربة وتقطع الجذور (بفعل العزيق)، وأى عامل يؤثر فى كفاءة الجذور. ولا يُفيد توفير الكالسيوم فى التربة فى الحد من الإصابة. هذا.. وتزيد العوامل التى تحفز النموات – مثل التسميد الآزوتى الغزير وتوفر الرطوبة والحرارة المناسبة — من شدة الإصابة (Becker ١٩٨٦).

عنق الورقة الأسود

يُعد عنق الورقة الأسود من عيوب الكرنب الفسيولوجية، وتظهر أعراضه مع اقتراب رأس الكرنب من اكتمال تكوينها؛ حيث يتلون الجانب الخارجى (والظهرى) لأعناق الأوراق الداخلية بلون رمادى داكن أو أسود عند نقطة اتصال العنق بالساق القصيرة أو بالقرب منها. وتتفاوت المساحة المتأثرة من صغيرة ومحدودة إلى مساحة بطول ٥–٨ سم على امتداد العرق الوسطى. وبفحص الخلايا فى النسيج المتأثر نجد انهيار للخلايا البرانشيمية وتحولها إلى اللون الأسود مع تصلب جدرها الخلوية. وتبدو خلايا الحزم الوعائية فارغة وخالية من التغير اللونى.

ويُعتقد أن لهذا العيب الفسيولوجى علاقة باختلال التوازن بين البوتاسيوم والفوسفور، وذلك عند انخفاض مستوى البوتاسيوم فى التربة وارتفاع مستوى الفوسفور. هذا.. وتتباين أصناف الكرنب فى شدة تأثرها بهذا العيب الفسيولوجى (Becker ١٩٨٦).

النقط السوداء

يظهر العيب الفسيولوجى النقط أو البقع السوداء black speck (أو بقع الفلفل pepper spot) على أوراق رأس الكرنب الخارجية ولكنه قد ينتشر حتى أوراق مركز

الرأس. وهو لا يظهر – عادة – إلاّ بعد تخزين الكرنب لفترة فى حرارة منخفضة. تنتشر النقط السوداء عشوائيًّا على الورقة بدءًا من مواقع الثغور على جانبى سطح الورقة. ويتبع تحلل الخلايا الحارسة للثغور ظهور اسوداد وانهيار للخلايا المجاورة لها بالورقة. ومع انهيار الخلايا تظهر البقع السوداء التى قد يصل قطرها إلى ٢ مم.

وتزداد حالة الإصابة بهذا العيب الفسيولوجى عند زيادة معدلات التسميد وعندما تكون المعاملات الزراعية منشطة للنمو القوى، مع وجود تقلبات فى درجة الحرارة. وتُفيد زيادة البوتاسيوم فى التربة فى الحد من الإصابة. وتتوفر بعض الأصناف التى تنخفض إصابتها بهذا العيب الفسيولوجى.

هذا.. وقد تظهر أحيانًا بقع سوداء مماثلة للسابقة، لكنها تكون مجاورة للعرق الوسطى، وتعرف هذه الحالة باسم التخطيط المتحلل vein streaking necrosis (Becker ١٩٨٦).

القنبيـط

التغلب على شد الملوحة بمعاملات تشريب البذور

أظهرت جميع معاملات تشريب بذور القنبيط المختبرة (وهى بالـ H_2O_2، والـ GA_3، والـ NaCl) تأثيرًا مفيدًا على الإنبات ونمو البادرات. وكانت المعاملة بالـ GA_3 هى الأفضل فى مرحلة الإنبات لإسراع بزوغ البادرات. أما فى مرحلة نمو البادرات. فإن البادرات التى نمت من بذور أُعيد تجفيفها بعد معاملتها بالـ H_2O_2، وعُرِّضت لشدٍّ ملحى أظهرت أعلى مستوى من أنيون السوبرأوكسيد (٥ أضعاف)، والـ H_2O_2 (٤ أضعاف)؛ مما أدى إلى تكوين محتوى عالٍ من الـ MDA (٢,٥ ضعف). كما أدت معاملة التشريب بالـ H_2O_2 إلى تحفيز نظامى الدفاع المضاد للأكسدة فى البادرات: الإنزيمى (SOD، و CAT، و GPX، و APX) وغير الإنزيمى (AsA، و GSH والبرولين). وقد حدَّت الملوحة من نمو الأوراق (٤٣٪)، والجذور (٦٠٪) ببادرات القنبيط التى نمت من البذور التى لم تُعامل بالتشريب. وفى معاملات التشريب فإن الإسهام

النسبى للـ GA_3 والـ NaCl كان أكثر تعلقًا بالنمو والتعديل الأسموزى. أما دور الـ H_2O_2 فكان مرتبطًا بقوة بالدفاع المضاد للأكسدة؛ فكانت البادرات المعاملة بالملوحة والتى نتجت من بذور عُومِلت بالـ H_2O_2 الأقل محتوى فى مستويات أنيون السوبر أوكسيد، والـ H_2O_2، و MDA؛ مما نتج عنه أعلى نشاط فى كل النظام المضاد للأكسدة (Ellouzi وآخرون ٢٠٢١).

تأثير الحرارة على النمو والتطور والجودة

ينمو القنبيط جيدًا فى حرارة ١٧–٢٩ ْم نهارًا. تؤدى الحرارة الأعلى من ذلك إلى أن تكون الأوراق صغيرة، والأقراص المنتجة صغيرة، مع اصفرارها وإصابتها بالزغبية riceyness (Koike وآخرون ١٩٩٧).

ويمكن أن يؤثر تعريض شتلات القنبيط لحرارة منخفضة (٦ ْم) إيجابيًّا على تحمل النباتات لظروف الحقل، وزيادة المحصول. فعندما عُرِّضت الشتلات لحرارة ٦ ْم لمدة أسبوع واحد أو أسبوعين فى المشتل، فإن ذلك أدى إلى زيادة المحصول جوهريًّا بنسبة ٦,٨٪، و٧,٨٪، على التوالى، مقارنة بمحصول معاملة الكنترول. ولقد أثَّرت تلك المعاملة على كتلة الأقراص، وزادت قليلاً من عدد الأقراص ذات الجودة التجارية الأفضل. وعندما كان التعريض لحرارة ٦ ْم لمدة أسبوع ازداد قطر القرص جوهريًّا. ولم تؤثر تلك المعاملة على أى من العيوب الفسيولوجية: التجعد fuzziness، والزغبية riciness والتلون البنى browning (Kalisz وآخرون ٢٠١٤).

وقد وُجد أن الشد الحرارى (٣٠ ْم) يعيق تكوين الأقراص فى أصناف القنبيط الاستوائية. ووُجد أن عدد الأوراق التى يلزم وجودها لحث تكوين الأقراص يقل عن تسع فى الأصناف الاستوائية، وذلك عند حرارة ١٨ إلى ٣٠ ْم. ويعنى ذلك أن أصناف القنبيط الاستوائية يُستَحث فيها تكوين الأقراص دون التعرض لحرارة الارتباع، لكن بنظام يختلف عما فى أصناف المناطق الباردة (Lin وآخرون ٢٠١٩).

وبدراسة تأثير تعريض شتلات قنبيط من أصناف تختلف فى لون أقراصها (أبيض وأخضر وقرمزى وروماِنسكو أو وردى romanesco) وهى بعمر ٤,٥ أسبوع لحرارة ٤ أو

١٨ ْم لمدة ٧ أيام قبل شتلها، وجد أن التعريض للحرارة المنخفضة أدى إلى زيادة محتوى الأقراص من كلٍ من النيتروجين والفوسفور والكالسيوم والكبريت والمغنيسيوم والصوديوم والبورون والنحاس والزنك والرصاص، وخفض محتواها من الموليبدنم والكروم فى أقراص بعض الأصناف (Kalisz وآخرون ٢٠١٨).

مراحل النمو والتطور

تمر نباتات القنبيط بمرحلة حداثة لا يتهيأ فيها القرص للتكوين ولا يمكن خلالها تهيئته لذلك. وتعتمد نهاية فترة الحداثة على الصنف، ويبدو أنها ترتبط بتكوين حد أدنى من الأوراق، يكون — عادة — ٦–٨ أوراق ممتدة أو ٣٥–٥٠ ورقة متميزة differentiated اعتمادًا على درجة الحرارة.

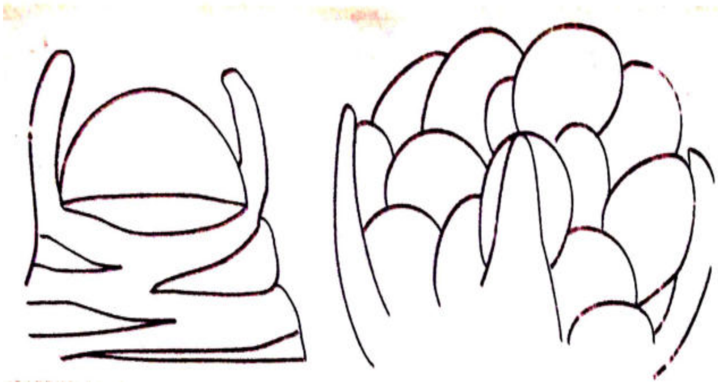
ومع نهاية تلك المرحلة يكون النبات قد وصل إلى مرحلة النمو الخضرى البالغ، وعندها يمكن أن يتهيأ القرص للتكوين، أو يمكن تهيئته لذلك. وتختلف الأصناف فى طول الفترة التى يمكن أن تبقى فيها النباتات فى مرحلة النمو الخضرى البالغ قبل تهيئة الأقراص للتكوين، ويعتمد ذلك — كذلك — على درجة الحرارة؛ حيث تتأثر تهيئة القرص للتكوين بارتفاع درجة الحرارة. كذلك قد تختلف الأصناف فى طول الفترة التى تلزم للوصول إلى مرحلة القرص الصالح للحصاد بعد تهيئته للتكوين. ويتوقف مدى مناسبة وتأقلم الصنف للزراعة فى منطقة ما على طول فترتى مرحلتى الحداثة والنمو الخضرى البالغ، والوقت الذى يلزم لوصول القرص لمرحلة نمو صالحة للحصاد بعد تهيئته للتكوين. ويتوقف مدى مناسبة وتأقلم الصنف للزراعة فى منطقة ما على طول فترتى مرحلتى الحداثة والنمو الخضرى البالغ، والوقت الذى يلزم لوصول القرص لمرحلة نمو صالحة للحصاد بعد تهيئة تكوينه، وكيفية استجابة الصنف لدرجة الحرارة خلال كل تلك المراحل (OSU ٢٠٠٤).

ولا تتكون الأقراص فى أصناف القنبيط المبكرة (طراز الـ snowball) من مبادئ أزهار حقيقية فى كل القرص، ولكن تلك الأقراص يظهر بها مدى من النموات القمية غير المتميزة إلى مبادئ الأزهار. أما أصناف القنبيط الشتوية المتأخرة فغالبًا ما تتكون

أقراصها من مبادئ أزهار، وتكون عادة — أخف وزنًا من أقراص طراز الـ snow ball.

هذا.. وتتباين الفترة التى تُكمل فيها أصناف القنبيط نموها (من الشتل إلى الحصاد) من ٦٠ يومًا للهجن المبكرة، إلى ٩٠ يومًا للمتوسطة النضج، وحتى أكثر من ١٠٠ يوم للأصناف المتأخرة (OSU ٢٠٠٤).

ويُبين شكل (١٠-١) الفرق التشريحى بين القمة النامية الخضرية للقنبيط والقمة التى اكتمل فيها حث تكوين القرص (عن Wurr ٢٠٠٨).



شكل (١٠-١): الفرق التشريحى بين القمة النامية الخضرية للقنبيط (اليسرى) والقمة التى اكتمل فيها حث تكوين القرص.

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

غياب القرص blindness

لا تكوِّن بعض النباتات أقراصًا؛ بسبب حدوث ضرر بقمتها النامية. ويمكن أن يحدث ذلك الضرر إذا ما تعرضت النباتات لحرارة قريبة من الصفر المئوى عندما تكون فى مرحلة نمو الورقة الحقيقية السابعة أو الثامنة، أو لحرارة التجمد خلال المراحل الأولى لتكوين القرص. كذلك قد تغيب القمة النامية جراء تغذية الحشرات أو القوارض عليها، وقد تموت جراء تعرضها لمذيبات بعض المبيدات عند استخدامها فى حرارة عالية تزيد عن ٣٢° م فى المراحل الأولى لتكوين القرص.

الأزرار buttons

التزرير هو ظاهرة تكوين أقراص صغيرة جدًّا أو رديئة النوعية؛ بسبب الاتجاه المبكر للنبات نحو مرحلة النمو التكاثرى. ويحدث ذلك عند استخدام شتلات كبيرة الحجم بسيقان سميكة فى الزراعة؛ فمثل هذه النباتات سريعًا ما تنتهى من طور الحداثة وتتجه نحو مرحلة النمو التكاثرى، وهى ما زالت صغيرة؛ مما يؤدى إلى تكوين أقراص صغيرة. وتزداد هذه المشكلة حدة بتعرض النباتات لظروف شد بيئى، أو لنقص فى النيتروجين، أو للتزاحم عند زيادة كثافة الزراعة.

القرص المحبب ricey والقرص المورّق bracting

يكتسب القرص المحبب مظهرًا ناعمًا مخمليًّا (مثل مظهر سطح قِدر من الأرز المطهى)، ومرد ذلك إلى تكون براعم زهرية بيضاء؛ الأمر الذى يحدث عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء تكوين القرص، وتزداد حدة الظاهرة بزيادة اكتمال تكوين القرص، مع النمو السريع والتسميد الآزوتى الغزير. وتزداد هذه الظاهرة فى أصناف معينة دون غيرها.

وتتكون أوراق صغيرة بين أجزاء القرص عندما يستجيب النبات للحرارة العالية بعد تكوين القرص؛ حيث تحدث استعادة للنمو الخضرى ويصبح القرص مُوَّرقًا (OSU ٢٠٠٤).

يؤدى تعرض القنبيط لحرارة منخفضة — خاصة بعد فترة من تعرضه لحرارة عالية — إلى ظهور براعم زهرية صغيرة فى القرص، وتُعرف هذه الظاهرة باسم التحبب riciness، ويمكن القول إنها تحدث جراء التعرض لارتباع vernalization قوى، وهى تختلف عن ظاهرة الـ bracting، التى تتميز بنمو أوراق صغيرة من الجزء الأعلى من ساق النبات تخترق طريقها إلى سطح القرص، وتحدث جراء التعرض لحرارة عالية، أى إنها نوع من الـ devernalization.

ولا تُستَحث أى من هاتين الظاهرتين إلاّ خلال مراحل معينة من النمو النباتى، كما يلى:

- تُستحث ظاهرة نمو الأوراق فى الرأس عندما يكون القرص بقطر ١–٢٣ مم، ويكون الحث أقوى ما يمكن عندما يكون القرص بقطر ١٢ مم.

• تُستحث ظاهرة تحبب القرص عندما تكون القمة النامية بقطر ٠,٢-٠,٥ مم، ويكون الحث أقوى ما يمكن عندما تكون القمة النامية بقطر ٠,٣٥ مم (Grevsen وآخرون ٢٠٠٣).

التغيرات اللونية للقرص

تتباين التغيرات اللونية لقرص القنبيط، كما يلى:

١- الأقراص الصفراء والخضراء:

يحدث الاصفرار والاخضرار بالأقراص عندما يكون هناك تعرض زائد لأشعة الشمس، وما يتبع ذلك من تكوين للكلوروفيل. قد تتسبب ظاهرة طرف السوط (التى يكون مردها إلى نقص المولیبدنم) فى زيادة هذه الظاهرة نظرًا لما تُحدثه من نقص شديد فى مساحة أنصال الأوراق فيقل حجب أشعة الشمس عن القرص، فضلاً عن صعوبة ربط تلك الأوراق معًا. كما قد يحدث الاصفرار نتيجة لزيادة اكتمال تكوين الأقراص (OSU ٢٠٠٤).

٢- التلون البنى:

يحدث التلون البنى مع التحلل فى أقراص القنبيط التى تتعرض نباتاتها لنقص البورون أو الكالسيوم.

٣- التلون الوردى:

يحدث التلون الوردى — بصورة عامة — فى الفروع الداخلية لرأس القنبيط، ويكون مرد ذلك — غالبًا — إلى حدوث انخفاض شديد فى درجة الحرارة بصورة لا تناسب الصنف المزروع. وتتباين أصناف القنبيط فى حساسيتها للتلون الوردى.

التلون القرمزى:

يحدث التلون القرمزى على سطح القرص، وتختلف الأصناف فى حساسيتها لتلك الظاهرة. ونجد فى الأصناف الحساسة مثل طراز الـ snow ball أن التلون القرمزى قد يزداد بتخطى مرحلة اكتمال التكوين، أو عند تعرض القرص أو أجزاء

منه لضوء الشمس المباشر؛ بسبب ضعف النمو الخضرى؛ الأمر الذى يمكن أن يحدث فى الأراضى المندمجة، أو بفعل سوء التغذية، أو الشدِّ الجفافى أو الحرارى. كذلك قد تتكون الأقراص قبل أوانها والنباتات ما زالت صغيرة؛ فتتعرض الأقراص الصغيرة — التى تتكون جراء ذلك — لأشعة الشمس.

اختلاف شكل الرأس

تؤدى الحرارة المنخفضة إلى تكوين أقراص مبططة، بينما تؤدى الحرارة العالية إلى تكوين أقراص مخروطة الشكل.

تجوف الساق وتغير لون التجويف

تزداد ظاهرتا التجوف (تجوف الساق الحاملة للرأس وفروعها الرئيسية) وتغير اللون داخليًّا مع زيادة معدلات التسميد الآزوتى والرى. كما قد تزداد مشكلة التغير اللونى عند نقص البورون، إلا أن التسميد الجيد بالبورون قد لا يُقلِّل — بفاعلية — من التجوفات المتغيرة لونها، التى يكون مردها إلى الإفراط فى التسميد الآزوتى والرى (OSU ٢٠٠٤).

البروكـــولى

وقت انتهاء الحداثة وحث تكوين الرؤوس

أمكن تحديد موعد حث تكوين الرؤوس فى البروكولى بالفحص الميكروسكوبى للقمة الميرستيمية، واعتُبرَ أن الحث قد حَدَث عندما تكون أولى البراعم الزهرية ظاهرة بوضوح فى الميرستيم القمى. ولقد أوضحت الدراسة أن فترة الحداثة تكون قد انتهت عند الشتل. وتحت ظروف الحقل يوجد تباينات كبيرة فى وقت حث تكوين الرؤوس فى الحقل الواحد، ويُعد ذلك هو السبب فى التباينات الكبيرة فى حجم الرؤوس عند الحصاد (Lindemann-Zutz وآخرون ٢٠١٦).

تأثير درجة الحرارة على المحصول والجودة

إن لدرجة الحرارة تأثير كبير على إنتاج وجودة البروكولى، كما يلى:

١- أدت زيادة فترات التعرض لحرارة تزيد عن ٢٠ْم إلى نقص المحصول.

٢- كلما طالت فترة التعرض لحرارة ٢٠-٢٥ ْم خلال الفترة السابقة للحصاد، ولحرارة ٥-١٥ْم أثناء الحصاد، كلما انخفضت نسبة الرؤوس ذات السطح غير المستوى.

٣- أدت زيادة فترات التعرض لحرارة تزيد عن ٢٠ ْم خلال الحصاد إلى تفكك الرؤوس (Kaluzewicz وآخرون ٢٠٠٩).

تأثير المعاملة بالمثيل جاسمونيت على تحمل الشد البيئى والبيولوجى

دُرس تأثير معاملة البروكولى بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate فى وجود أو عدم وجود شدِّ الملوحة. ولقد وُجد إن جذور نباتات البروكولى تفرز جلوكوسينولات وأيزوثيوسيانينات، وأن الرش الورقى بالمثيل جاسمونيت له تأثير جهازى إيجابى؛ حيث يُحفز تمثيل وإفراز الجذور لمركبات الأيض الثانوية. هذا.. إلاّ إن تلك التأثيرات قللت من النمو النباتى فى ظروف شدِّ الملوحة. ولقد أظهرت الجلوكوسينولات والأيزوسيانينات المفرزة من الجذور تأثيرًا قويًّا على مسببات الأمراض *Fusarium oxysporum*، و *Pseudomonas syringae*، و *Sphinogomonas suberifaciens* (Rios وآخرون ٢٠٢١).

الارتباط بين اصفرار الرؤوس وتدهور محتواها من الجلوكوسينولات

يُصاحب اصفرار رؤوس البروكولى أثناء التخزين فقدًا كبيرًا فى محتواها من الجلوكوسينولات glucosinolates، وكان الانخفاض الواضح فى كلٍّ من الـ glucoraphanin، والـ hydrolysate sulforaphane اللذان انخفضا بنسبة ٣٧٪، و٣٩٪ - على التوالى — عندما كان الاصفرار قليلاً، وبنسبة ٨٥٪، و٩٣٪ - على التوالى — عندما كان الاصفرار شديدًا. وبذا.. فإن الاصفرار لم يؤثر فقط على مظهر الرؤوس، وإنما أثر كذلك على قيمتها الغذائية (Yang وآخرون ٢٠٢٢).

العيوب الفسيولوجية والنموات غير الطبيعية

الرؤوس البنية

تتلون — أحيانًا — بعض البراعم فى رؤوس البروكولى بلون بنى (ظاهرة الـ brown bead)؛ حيث تكون الزهيرات صغيرة وبنية ولا تنمو، ويكون مردها إلى ضعف النمو والحرارة العالية. وقد وجد أن هذه الظاهرة يقل ظهورها فى الأصناف سريعة النمو، وعند انتظام توفر الرطوبة الأرضية، بينما يزداد معدل ظهورها عند انخفاض مستوى الكالسيوم وارتفاع مستوى المغنيسيوم والبوتاسيوم فى أنسجة رؤوس البروكولى المكتملة التكوين (Jenni وآخرون ٢٠٠١).

الساق المجوفة

عندما زُرع البروكولى بكثافة عالية لم تظهر أعراض الساق المجوفة على أى من النباتات التى كانت سيقانها طويلة ونحيفة، مقارنة بالنباتات التى زُرعت بالكثافة المعتادة تجاريًّا، والتى كانت سيقانها قصيرة نسبيًّا وعريضة، والتى أظهرت جميعها حالة الساق المجوفة بدءًا من مرحلة تنشئة النورة، وهو الوقت الذى بدأت فيه الساق فى الزيادة فى الحجم، وبدأ فيه انخفاض محتوى النشا بنخاع الساق. وتبدأ التجاويف فى الظهور فى الجزء العلوى من الساق ككسر رفيع عند حافة النخاع أو عَبْره، ولم يكن لذلك علاقة بأعراض نقص البورون (Boersma وآخرون ٢٠١٣).

تأثير المعاملة بالمانوز على أيض نبت البذور

أدى إنتاج نبت بذور البروكولى فى وجود ١,٠ مللى مول/لتر من المانُّوز mannose إلى تحسين محتوى النبت من حامض الجلوتامك glutamate، ونشاط الـ diamine oxidase، وإلى خفض نشاط الإنزيم gamma-aminobutyric acid transaminase؛ مما عزَّز من تمثيل الـ GABA. وحفَّزت المعاملة بالمانُّوز من نشاط الـ diamine oxidase، والـ polyamine oxidase، والـ 4-aminobutyraldehyde dehydrogenase، مع زيادة معدل تحول البولى أمين الحر. وفى نفس الوقت أدت المعاملة إلى زيادة الأنثوسيانينات والجلوكوسينولات فى النبت (Xie وآخرون ٢٠٢١).

الكرنب الصينى

تأثير المعاملة بالترايكودرما على النمو والأيض وتحمل الشدِّ البيئى

أمكن عزل أربعة أنواع من الترايكودرما *Trichoderma* وتم تحضير سماد بيولوجى منها، وباستخدامها فى معاملة الكرنب الصينى المزهر flowering Chinese cabbage، فإنها أدت إلى تحفيز النمو (٤١,٧٪) وزيادة المحصول (٣٧,٤٪)، فضلاً عن زيادة المعاملة لكلٍّ من السكر الذائب والبروتين الذائب والكلوروفيل، مع خفضها لمحتوى النيتروجين النتراتى. كذلك أدت المعاملة بالترايكودرما إلى تحمل الشدِّ البيئى، وتقليل التعرض لأضرار الشوارد المحبة للأكسدة؛ فضلاً عن زيادتها للنشاط الإنزيمى بالتربة؛ مما أدى إلى زيادة محتواها من النيتروجين والفوسفور (Ji وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير الميلاتونين على أيض الرؤوس وجودتها أثناء التخزين

أحدثت معاملة نباتات الكرنب الصينى التأثيرات التالية بعد الحصاد

١- تأخير اصفرار الأوراق.

٢- المحافظة على محتوى السكريات الذائبة والبروتين وفيتامين ج والفلافونويدات الكلية والفينولات الكلية خلال سبعة أيام من التخزين.

٣- تحفيز نشاط وتعبير الـ glucose-6-phosphatase، والـ succinate dehydrogenase، و cytochrome C oxidase، و ascorbic acid oxidase، وتعبير الجينات المتحكمة فى إنتاجها.

٤- حافظت أوراق النباتات المعاملة على حالة عالية من الطاقة، بتحفيز نشاط إنزيمات الطاقة (Tan وآخرون ٢٠٢١).

الفصل الحادى عشر

الخس

السكون الحرارى ومعاملات التخلص منه

دُرست ظاهرة السكون الحرارى لبذور الخس فى كل من الصنف Everglades المتحمل للحرارة العالية والسلالة PI 251245 المتحملة، والصنف الحساس Dark Green Boston. وقد وُجد أن طبقة الإندوسبرم فى البذرة شكلت عائقًا ميكانيكيًّا للإنبات جعلها غير قادرة على الإنبات فى حرارة ٣٦ْم، ولابد من التغلب عليه ليمكن للبذور الإنبات. وعندما كان نضج بذور تلك الأصناف فى حرارة ٢٠/٣٠ْم فإنها أظهرت قدرًا أكبر من التحمل الحرارى عند الإنبات عما كان عليه الحال عندما كان نضجها فى حرارة ١٠/٢٠ْم. وأظهرت الدراسة التشريحية للبذور أن جُدر خلايا الإندوسبرم التى تتواجد أمام جذير الجنين كان من الأسهل تمزيقها وفتقها عند الإنبات فى البذور التى كان نضجها فى حرارة ٢٠/٣٠ْم عما كان عليه الحال فى البذور التى كان نضجها على ١٠/٢٠ْم؛ مما يفسر سرعة إنبات البذور — التى كان نضجها فى حرارة ٢٠/٣٠ْم — فى الحرارة العالية. ولقد لوحظت تحورات مشابهة فى الإندوسبرم فى البذور التى أُعطيت معاملة الـ seed priming، التى أدت إلى سرعة الإنبات وتجانسه والتغلب على تأثير الحرارة العالية. وبذا.. فإن كلا من التركيب الوراثى، والحرارة التى تنضج عليها البذور، والـ seed priming لهم القدرة على تقليل المقاومة الفيزيائية للإندوسبرم بإضعاف جدره الخلوية، واستنزاف المخزون الغذائى لخلايا الإندوسبرم؛ مما يؤدى إلى انهيارها (Sung وآخرون ٢٠٠٨).

هذا.. وتُفيد عملية الـ priming لبذور الخس (بنقعها فى محلول مهوى من البوليثيلين جليكول على ١٥ْم فى الضوء) فى التغلب على ظاهرة السكون الحرارى عند إجراء الإنبات على ٣٥ْم، ويُعتقد أن مرد ذلك إلى أن عملية الـ priming تتسبب فى

زيادة نشاط الإنزيم endo-β-mannanase، الذى قد يُضعِف الإندوسبرم، الذى يعيق عملية اختراق الجذير له فى الحرارة العالية (Nascimento وآخرون ٢٠٠١).

ومن المعروف أن إنبات بذور الخس يمكن تثبيطه فى الحرارة العالية (فيما يُعرف باسم التثبيط الحرارى thermoinhibition) كما أسلفنا، وكذلك فى الظلام (فيما يعرف بالاستجابة اللينة الموجبة للإضاءة positive photophasticity). ويتم اللجوء لترطيب البذور بالـ priming لتجنب تلك المشاكل. ولقد وُجد أن البذور التى أُعطيت معاملة الترطيب (بوضعها فى ٩٨٪ رطوبة نسبية حتى وصلت رطوبتها إلى ١٦٪)، ثم تجفيفها فى الهواء على ٣٠ْم كانت أسرع تدهورًا عن بذور معاملة المقارنة. وبالمقارنة بمعاملة الترطيب، فإن معاملة تعريض البذور للضوء الأحمر كانت أبسط واحتفظت بحيويتها لمدة أطول، إلاّ إن تأثير معاملة الترطيب فى التخلص من كلٍّ من التثبيط الحرارى وتثبيط الظلام كان أعلى فى حرارة تزيد عن ٢٥ْم حتى ٣٦ْم (Pimentel & Contreras ٢٠١٤).

تأثير التفاعل بين الإضاءة والحرارة والتسميد الآزوتى على النمو والمحصول والجودة

تزداد الكتلة البيولوجية للخس فى الإضاءة القوية (٢٢٠ ميكرومول/م٢/ثانية) والمستوى المنخفض من النيتروجين (٧ مللى مول/ لتر). كذلك تُسهم شدة الإضاءة الأعلى ومستوى النيتروجين المنخفض فى تراكم فيتامين ج، وخفض النترات بالأوراق. وكان تأثير إمدادات النيتروجين على تركيز الكلوروفيل أكثر كفاءة فى شدة الإضاءة المنخفضة عما فى شدة الإضاءة العالية. ويُستفاد مما تقدم وجود تفاعل واضح بين شدة الإضاءة والنيتروجين المتاح فى التأثير على كلٍّ من البناء الضوئى، والمحصول، والجودة فى الخس (Fu وآخرون ٢٠١٧).

ولقد وُجد أن الظروف المثلى لنمو الخس كانت إضاءة شدتها ٢٣٧ ميكرومول/م٢ فى الثانية، وتركيز ٩٫٢ مللى مول/ لتر من النيتروجين، وذلك من حيث ما يتعلق بالكتلة البيولوجية الجافة للنبات، ومحتوى فيتامين ج، ومحتوى النترات (Yi وآخرون ٢٠٢١).

وبدراسة تأثير مستويين من شدة الإضاءة: ١٦٠ ميكرومول/م٢/ثانية (G_1)، و٢٠٠ ميكرومول/م٢/ثانية (G_2)، ودرجة الحرارة (نهار/ ليل): ٢٠ ± ١ْم/ ١٥ ± ١ْم (T_1)، و ٢٤ ± ١ْم/١٩ ± ١ْم (T_2) على نمو وفسيولوجى الخس وجودته، وُجِدَ ما يلى:

١- أظهرت معاملة T_2G_2 زيادة فى كلٍ من ارتفاع النبات، والكتلة البيولوجية، ومعدل صافى البناء الضوئى.

٢- أدت المعاملة T_1G_1 إلى خفض المساحة الورقية وخفض أقصى كفاءة للـ photosystem II، مقارنة بالمعاملة T_1G_1.

٣- أدت الزيادات المتزامنة فى شدة الإضاءة ودرجة الحرارة – مقارنة بالمعاملة T_1G_1 – إلى إحداث زيادة جوهرية فى محتوى الانثوسيانين (٥٨٪)، وفيتامين ج (٢١٪)، والبروتين الذائب (١٧٢٪) (Chen وآخرون ٢٠٢١).

وأدى الحد من الإشعاع النشط فى البناء الضوئى (فى مدى ٤٠٠-٧٠٠ نانوميتر) إلى إنتاج أعلى وزن طازج للأوراق (٩٩,٨٩ جم/نبات)، وأقل كتلة بيولوجية طازجة للجذور (٧,٥ جم/نبات)؛ ومن ثم قُيدت نسبة الجذور إلى الأوراق بشدة (٠,٠٧). وأدى الحد من الإشعاع النشط فى البناء الضوئى إلى خفض المركبات الفينولية الذائبة والمرتبطة. وأدى عدم التسميد بالنيتروجين إلى إنتاج أعلى محتوى من البولى فينولات. كذلك أدى الحد من تيسر الرطوبة الأرضية إلى تحسين تراكم حامض الكافيك وحامض شيكوريك فى الصور المرتبطة (Calini وآخرون ٢٠١٥).

تأثير ألوان الطيف على النمو والجودة

من المهم التحكم فى نسبة الضوء الأخضر فى الإضاءة خلال مختلف مراحل نمو الخس لأجل زيادة الإنتاجية. ويمكن بعمل خفض معتدل فى الضوء الأصفر أثناء إنتاج الخس إحداث زيادة جوهرية فى محتوى السكريات الذائبة. ويُظهر الضوء البنفسجى

تأثيرات طفيفة على الكتلة البيولوجية للخس وصفاته المورفولوجية ومحتوى السكريات الذائبة (Liu وآخرون ٢٠١٨).

ومن المعروف أن الضوء الأحمر والأزرق ذوا فاعلية فى تحفيز البناء الضوئى. ولقد وُجد أن نسبة الضوء الأزرق إلى الضوء الأحمر من لمبات اللِد LED أهمية فى التأثير على موروفولوجى الخس ونمو ومحتوى أوراقه من المركبات الفينولية ومضادات الأكسدة. وفى غياب الضوء الأزرق (١٠٠٪ ضوء أحمر) كانت الأوراق أكثر استطالة. وأثَّرت زيادة نسبة الضوء الأزرق سلبيًّا على نمو نباتات الخس، وكانت معظم خصائص النمو (مثل الوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى والمساحة الورقية) أعلى فى ظل صفر ضوء أزرق لصنفين ورقيين (بأوراق حمراء وخضراء)؛ حيث كان الوزن الطازج للأوراق أعلى بمقدار ٤,٣، و ٤,١ مرة للصنفين — على التوالى — مقارنة بوزنيهما فى إضاءة ٥٩ زرقاء (59 B) لمدة أربعة أسابيع. هذا بينما أظهر تراكم الكلوروفيل والفينولات (بما فى ذلك الفلافونويدات) ومضادات الأكسدة فى كلا الصنفين اتجاهًا عكسيًّا لِما لوحظ بالنسبة للنمو، وذلك فى ظروف ضوء أزرق عالٍ (B 59 أو B 47 أو B 35، مقارنة بـ B 0 أو الكنترول) (Son & Oh ٢٠١٣).

وعندما عُرِّضت نباتات الخس النامية فى مزرعة مائية لمعاملات ضوئية مختلفة من حيث لون الإضاءة (أحمر، أو أخضر، أو أزرق، أو نسب مختلفة منها) مع تباين شدة الإضاءة الفعالة فى البناء الضوئى photosynthetic photon flux density (اختصارًا: PPFD)، كانت النتائج كما يلى:

١- فى معظم الحالات أعطت المعاملة بالضوء الأحمر والأخضر والأزرق بنسبة ٦: ٢:٢، وشدة إضاءة ١٥٠ PPFD ميكرومول/م^{٢}/ ثانية أكبر كتلة بيولوجية (المعاملة A2).

٢- أعطت المعاملة بالضوء الأحمر والأخضر والأزرق بنسبة ٢: ٢: ٦ وشدة إضاءة ١٥٠ PPFD ميكرومول/م^{٢}/ ثانية أعلى مُعامِلات فسيولوجية (المعاملة B2).

٣- حُصِلَ على وزن جاف أعلى فى معاملة الضوء الأحمر والأخضر والأزرق بنسبة ٧: صفر : ٣ وشدة إضاءة PPFD ١٥٠ ميكرومول/م٢/ ثانية (المعاملة A1).

٤- لم تُلاحظ فروق جوهرية بين المعاملات فى كلوروفيل أ + ب.

٥- كانت معاملة الإضاءة A1 الأعلى فى محتوى الأوراق من السكر الذائب .

٦- ازداد محتوى الأوراق من البروتين الذائب فى المعاملات التى كان بها نسبة أعلى من الضوء الأزرق.

٧- كان أعلى محتوى لفيتامين ج فى المعاملة B3 (ضوء أحمر وأخضر وأزرق بنسبة ٣: صفر : ٧، و PPFD ١٢٠ ميكرومول/م٢/ثانية)، وكان أقل محتوى فى المعاملة A1 (Lin وآخرون ٢٠١٨).

ووُجد فى مزرعة مائية أن تعريض نباتات الخس من صنف ورقى ذات أوراق قرمزية لإضاءة قوية (٥٠٠ ميكرومول/م٢/ ثانية من الضوء الأحمر والأزرق — من لمبات اللِد LED — بنسبة ٤ :١) لمدة قصيرة خلال فترة الإضاءة (١٦ ساعة) العادية (١٥٠ ميكرومول/م٢/ ثانية) أدى إلى زيادة إنتاج الكتلة البيولوجية، إلاّ إن تأثير المعاملة على منتجات الأيض الثانوية لم يكن جوهريًّا. وعندما كان التعرض لمعاملة الإضاءة القوية تلك لمدة ٤ ساعات فإن المعاملة زادت من محتوى منتجات الأيض الثانوية (الأنثوسيانين، والفلافونويدات، والفينولات، وحامض الأسكوربك)، إلاّ إنها أحدثت شدًّا وضررًا photooxidate damage على النباتات (Shao وآخرون ٢٠٢٠).

ولقد أدى التعريض المستمر للضوء بشدة إضاءة عالية إلى مضاعفة تركيز حامض الكلوروجنك (وهو مضاد أكسدة قوى يقلل أضرار الأكسدة فى خلايا الإنسان) فى نباتات الخس فى إضاءة ٢٠٠ ميكرومول/م٢ فى الثانية، مقارنة بإضاءة ١٠٠ ميكرومول/م٢ فى الثانية. كذلك أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة تركيز حامض الكلوروجنك إلى أربعة أضعاف عند تركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون للغاز مقارنة بتركيز ٤٠٠ جزء فى المليون. وفى إضاءة ٢٠٠ ميكرومول/م٢ فى الثانية وتركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون من ثانى

أكسيد الكربون ازداد تركيز حامض الكلوروجنك إلى ١٩٩ مجم/ ١٠٠ جم وزن طازج من الخس. لوحظت تلك التأثيرات فى ظروف الضوء المستمر سواء أكانت من اللمبات الفلورسنتية أم من ضوء الـ LED الأزرق، ولكن ليس من ضوء الـ LED الأحمر. وقد استمرت تلك التأثيرات لمدة يومين فقط من بدء المعاملة. وربما كان مرجع تلك التأثيرات إلى أن الشد الفسيولوجى الناتج عن البناء الضوئى الزائد فى ظروف الإضاءة المستمرة ينتج فيه زيادة فى محتوى حامض الكلوروجنك لحماية النباتات من الشوارد النشطة فى الأكسدة (Shimomura وآخرون ٢٠٢٠).

تأثير التغذية المعدنية والعضوية على النمو والجودة

علاقة النمو النباتى بامتصاص العناصر

تناقص امتصاص الخس — فى مزرعة مائية — لعناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم مع التقدم فى العمر، وذلك بعد حدوث انخفاض فى معدل النمو النباتى. هذا بينما لم تظهر اختلافات فى امتصاص عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت بين أسابيع النمو. كذلك لم تظهر أفضلية للامتصاص اليومى لأى من العناصر خلال النهار (Alboronz & Lieth ٢٠١٦).

ولقد وُجدت علاقة خطية طردية linear بين النمو النباتى للخس وامتصاص النيتروجين الكلى والفوسفور والبوتاسيوم، كما وجدت علاقة أخرى curvilinear بين النمو وامتصاص كلاً من الأمونيوم والسلفات، كما أظهر امتصاص كل تلك العناصر علاقة curvilinear مع تمثيل غاز ثانى أكسيد الكربون (Albornoz & Lieth ٢٠١٧).

تأثير التغذية والمنشطات الحيوية على القيمة الغذائية

أدى نقص النيتروجين إلى زيادة محتوى السكروز فى الخس؛ مما استحث زيادة سريعة فى نشاط إنزيمات تمثيل السكروز. وأدت المعاملة بالسكروز إلى تحفيز تراكم أكثر للفينولات التى يُستحث تراكمها — كذلك — بفعل نقص النيتروجين؛ وذلك بزيادة نشاط الجينات المسئولة عن تمثيل الفينولات (Zhou وآخرون ٢٠٢٠).

وأحدثت إضافة أنواع مختلفة من البيوشار خفضًا فى تركيز عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والزنك فى أوراق الخس، وخفضًا مماثلاً — ولكن بدرجة أقل — فى جذور الجزر. وفى المقابل.. أدت إضافة بعض أنواع البيوشار إلى زيادة محتوى أوراق الخس وجذور الجزر من بعض العناصر، وبخاصة البوتاسيوم (Olszyk وآخرون ٢٠٢٠).

وفى دراسة زِيد فيها تركيز عناصر اليود والسيلينيم والزنك فى المحلول المغذى للخس إلى ١٥٠، و٢٠، و٥٠ ميكرومول — على التوالى — بهدف زيادة محتوى الأوراق من تلك العناصر — وهو ما يُعرف بالـ bifortification (علمًا بأن كل هذه العناصر تُعد ضرورية للإنسان، إلاّ إن الزنك — فقط — هو العنصر الضرورى منها للنمو النباتى) .. وجد أن تلك المعاملات أدت إلى زيادة محتوى السيلينيم والزنك بالأوراق جوهريًّا، بينما لم يتأثر محتوى اليود. ولم يكن للمعاملة بتلك العناصر الثلاثة — مجتمعة — أى تأثير جوهرى على أكثر من ١٧ عنصرًا آخر من العناصر الضرورية وغير الضرورية للنبات والثقيلة (Sahin ٢٠٢١).

وتُحفز الميكوريزا arbuscular mycorrhizal fungi تراكم مركبات الأيض الثانوية فى أوراق الخس. وعند تسميد النباتات المحقونة بالميكوريزا بالسيلينيم. فإن النباتات يزيد محتواها من البروتينات والمعادن عما فى النباتات غير المحقونة بالميكوريزا. هذا.. إلا إن محتوى السيلينيم كان أقل فى النباتات المحقونة بالميكوريزا؛ بما يفيد وجود ارتباط سالب بين السيلينيم والعدوى بالميكوريزا. وفى أصناف الخس ذات الأوراق الخضراء أدى التسميد بالسيلينيم إلى إبطال فوائد الميكوريزا على الكلوروفيل والكاروتينويدات وخفَّض الفينولات. وفى الخس ذات الأوراق الحمراء أدى التسميد بسيلينات الصوديوم إلى التفاعل إيجابيًّا مع الميكوريزا فى تحسين الفلافونويدات. ولم يُلاحظ تفاعل جوهرى بين الميكوريزا والسيلينيم فى التأثير على القدرة الكلية على تضادية الأكسدة فى أوراق كلا الطرازين من الخس (Goicoechea وآخرون ٢٠١٥)

ولقد أدت المعاملة بمنشط حيوى ميكروبى يحتوى على سلالتين من الميكوريزا وعلى *Trichoderma konigii* إلى تحسين صفات الجودة أيًّا كانت حالة الرطوبة الأرضية:

جيدة أو بشد جفافى معتدل أو شديد. فلقد أدت المعاملة إلى زيادة محتوى النباتات من الفوسفور والمغنيسيوم والحديد والمنجنيز والزنك بنسبة ٨٠٫٨٪ إلى ٩٧٫٤٪، ومختلف الأحماض الفينولية، مقارنة بما حدث فى النباتات التى لم تُعامل بالمنشط الحيوى. كذلك أحدثت المعاملة بالمنشط الحيوى زيادة فى المحصول وفى محتوى الكالسيوم والنحاس وحامض الإيزوكلوروجنك، لكن فقط فى ظروف الرى الجيد والشدَّ الجفافى المعتدل. ولقد تأثرت صفات الجودة بالمنشط الحيوى بدرجة أكبر من تأثرها بتيسر الماء. فلم يؤدى خفض الرطوبة الأرضية إلى شدٍّ معتدل على المحصول أو الأحماض الفينولية أو الفلافونويدات لكنها خفَّضت محتوى النباتات من المغنيسيوم بنسبة ١٢٫٤٪ والزنك بنسبة ٢٦٫٨٪، وكذلك خفَّضت معدل البناء الضوئى والنتح إلى النصف. أما زيادة شدِّ الجفاف لجعله شديدًا فقد خفَّض المحصول ومحتوى حامض الأسكوربك والفينولات الكلية والكورستين. ولقد تم تمثيل الجلوكسيد luteolin كاستجابة منسقة لكلٍّ من الشدِّ الرطوبى والمنشط الحيوى؛ فازداد تركيزه فى النباتات التى عُوملت بالمنشط الحيوى (Saia وآخرون ٢٠١٩).

تأثير الشيتوسان

وُجد أن إضافة الشيتوسان chitosan للتربة بالمعدل المناسب (٠٫٠٥٪ إلى ٠٫٢٠٪، وزن/وزن) تؤدى إلى تحسين نمو الخس، حيث أدت المعاملة إلى زيادة فلورة الكلوروفيل، وتبادل الغازات، ومساحة الورقة، والوزن الطازج للورقة، والوزن الجاف للورقة (Xu & Mou ٢٠١٨).

تأثير الرش بمستخلص الطحالب البحرية

وُجد أن الخس النامى فى مزرعة مائية تحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم (١٢٥ مجمK /لتر) — مقارنة بمستوى كافٍ (٣٧٥ مجم K/لتر) — عانى من انخفاض فى الكتلة البيولوجية، وفى معدل البناء الضوئى، وتوصيل الثغور بالأوراق، ومحتوى الأوراق ومن البوتاسيوم، وقدرة الأنسجة على تضادية الأكسدة. وأدى الرش

الورقى لهذه النباتات التى تنمو فى المستوى المنخفض من البوتاسيوم بمستخلص حشيشة البحر *Ascophyllum nodosum* إلى زيادة النمو النسبى للنباتات. كما أدى هذا الرش أو الزراعة فى المستوى العالى من البوتاسيوم (٣٧٥ مجم K/لتر) إلى زيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة سوبر أوكسيد ديسميوتيز، وكاتاليز، وبيروكسيديز؛ مما وفَّر لها حماية من شد الأكسدة ومن إنتاج فوق أكسيد الأيدروجين. وكان الرش معادلاً فى تأثيره لتأثير المستوى العالى من البوتاسيوم فى هذا الشأن، وكذلك فى زيادة مضادات الأكسدة فى الخس المقطَّع المجهز للمستهلك، وزيادة جودته (Chrysargyris وآخرون ٢٠١٨).

تأثير عوامل الشد البيئى على النمو والجودة

شد الجفاف

أدى تعريض نباتات الخس لشدٍّ رطوبىٍّ إلى زيادة محتواها من مضادات الأكسدة. وعلى الرغم من أن تأثير الشدِّ كان أقوى فى بداية حياة النبات عما كان عليه التأثير عند الحصاد، فقد كان التأثير جوهريًّا حتى عند الحصاد كذلك. هذا.. ولم يترتب على تعريض النباتات لشدٍّ رطوبى مرة واحدة عند الحصاد أى تأثير سلبى على نموها؛ بما يعنى إمكان تحسين جودة الخس بتلك المعاملة — فيما يتعلق بزيادة محتواه من مضادات الأكسدة — دون أن يكون لها أى تأثيرات سلبية على النمو او المحصول (Oh وآخرون ٢٠١٠).

كما أدى تعريض نباتات الخس لشدٍّ جفافى معتدل (Drought Stress 90%) إلى زيادة الكتلة البيولوجية دون التأثير على لون النباتات أو صلابة الرؤوس. وأدت معاملة DS 80% إلى زيادة محتوى النباتات من الكاروتينويدات، والكلوروفيل، وحامض الكافيك، و monocaffeoyl tartaric acid، و malercyl quercetin glucoside و quercetin-3-O-glucuronide، مع زيادة فى النشاط المضاد للأكسدة عند الحصاد. ولم تُظهر هذه النباتات تغيرًا فى صلابتها أثناء التخزين، ولكن ازداد محتواها من

الفلافونويدات وفى بعض المركبات الفينولية التى تتأثر سلبيًّا بالتخزين (Paim وآخرون ٢٠٢٠).

شد الملوحة وتفاعله مع تركيز ثانى أكسيد الكربون

عُرِّضت بادرات أصناف خضراء وحمراء من الخس لثانى أكسيد الكربون إما بالتركيز العادى (٤٠٠ ± ٢٠ ميكرومول/مول)، وإما بتركيز مرتفع (٧٠٠ ± ٢٠ ميكرومول/مول) لمدة ٣٥ يومًا، وبعد ذلك عُرِّضت لشد ملحى (٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم) لمدة أربعة أيام. وقد أظهرت الأصناف الحمراء قيمة غذائية أعلى عن الأصناف الخضراء؛ بسبب ارتفاع محتواها من كل من الكالسيوم والفوسفور والزنك، وكلوروفيل أ، وكلوروفيل ب، والكارتينويدات، وحامض الاسكوربك، والفينولات الكلية، والانثوسيانينات، ومضادات الأكسدة. ومع زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أظهرت أصناف الخس بلونيها زيادة فى امتصاص كل العناصر تقريبًا باستثناء المغنيسيوم والحديد. وتحت ظروف شد الملوحة انخفض تركيز النيتروجين والبوتاسيوم فى كل الأصناف، وكذلك انخفض تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور فى الأصناف الحمراء. وبدا واضحًا أن الأصناف الحمراء كانت أكثر استفادة من زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون عن الأصناف الخضراء. وتعنى تلك النتائج أن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون منفردًا أو مع شدِّ الملوحة لفترة قصيرة يسمح بتحسين جودة القيمة الغذائية (Pérez-López وآخرون ٢٠١٥).

العيوب الفسيولوجية

احتراق حواف وقمة الأوراق

عند توفر الكالسيوم فى التربة فإن الظروف الجوية — مثل شدة كثافة الضباب لفترات طويلة وارتفاع الرطوبة النسبية — وخاصة خلال فترة الأسبوعين السابقين للحصاد — تكون هى العامل المؤثر فى الإصابة باحتراق حواف الأوراق وقمتها (شكل ١١-١). ومع الخس الرومين لم يكن التسميد بالكالسيوم — من خلال شبكة الرى

بالتنقيط – مؤثرًا فى تجنب الإصابة باحتراق حواف الأوراق فى مثل هذه الظروف (Hartz وآخرون ٢٠٠٧).



شكل (١١-١): أعراض احتراق حواف وقمة الأوراق فى الخس

ووُجد لدى تقييم محصول ١٢٥ زرعة تم حصادها من خس الرؤوس ذات المظهر الدهنى للإصابة باحتراق قمة الأوراق أن شدة الإصابة ترتبط إيجابيًّا – وبصورة خطية – مع كل من: مجموع عدد ساعات الإضاءة خلال فترة النمو النباتى حتى الحصاد، ووزن الرأس، ومجموع الساعات الحرارية، ومجموع الحد الأقصى للإشعاع اليومى، وطول الفترة الضوئية خلال الثلاثة وعشرين يومًا السابقة للحصاد، وكان مجموع ساعات الإضاءة من الزراعة إلى الحصاد هى الأعلى ارتباطًا مع الإصابة باحتراق حواف الأوراق، والتى كان بالإمكان استخدامها فى التنبؤ بشدة الإصابة (Wissemeier & Zuhlke ٢٠٠٢).

ولقد ازداد الوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى، وعدد الأوراق الكلى، وعدد الأوراق المصابة باحتراق قمة الورقة جوهريًّا فى خس الرؤوس ذات المظهر الدهنى بزيادة شدة الإضاءة من ١٥٠ إلى ٣٠٠ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية. ووجدت علاقة بين النمو والإصابة باحتراق قمة الورقة وازداد كذلك معدل امتصاص الكالسيوم/نبات بزيادة شدة الإضاءة، وترافق ذلك مع زيادة معدل امتصاص الماء؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة تركيز

الكالسيوم فى النبات كله وفى الأوراق الخارجية مع زيادة شدة الإضاءة. وعلى خلاف ذلك.. لم يزدد تركيز الكالسيوم فى الأوراق الداخلية مع زيادة شدة الإضاءة. ويمكن أن يكون مرد ذلك إلى زيادة تدفق الكالسيوم مع الماء الذى يُفقد بالنتح من الأوراق الخارجية، مقارنة بما يحدث فى الأوراق الداخلية. ومن ثم فإن نقص الكالسيوم بالأوراق الداخلية بسبب زيادة معدل النمو قد يُسهم فى ظهور أعراض الإصابة باحتراق قمة الأوراق (Sago ٢٠١٦).

وفى محاولة للتنبؤ بحدوث الإصابة أمكن التعرف على صنف دالٍ indicator cultivar من الخس تظهر عليه أعراض الإصابة باحتراق قمة الأوراق leaf tipburn قبل يومين من ظهورها على الصنف المستهدف من الزراعة؛ مما سمح بانقاذ الصنف المستهدف من الإصابة بإضافة مزيد من الكالسيوم للمحلول المغذى فى مزرعة مائية. وبتلك الطريقة أمكن تحسين المحصول بنحو ٤٪ إلى ٧٠٪ (Uno وآخرون ٢٠١٦).

ويلعب التظليل باستعمال شباك التظليل دورًا إيجابيًّا فى الحدِّ من مشكلة العيب الفسيولوجى: احتراق حواف أوراق الخس، وهذا الدور يخالف دور استعمال أغطية البوليثيلين كغطاء للبيوت المحمية. فلقد وُجد أن البوليثيلين وفَّر بيئة جيدة لنمو الخس تمثلت فى زيادة الكتلة الجافة، إلاّ إن النباتات ظهر بها عيب احتراق حواف الأوراق أيًّا كان تركيز الكالسيوم المسمد به. أما شباك التظليل فقد وفَّرت بيئة مماثلة، ولكن بشدة إضاءة أقل، ترتب عليها انخفاض فى الكتلة الجافة للنباتات عما فى نباتات الكنترول، وكانت أوراق النباتات طويلة ورقيقة وتوزع فيها الكالسيوم، ولم تظهر حالات احتراق بحواف الأوراق أيًّا كان مستوى الكالسيوم فى التربة، بينما كان محتوى الكالسيوم بالأوراق أعلى فى نباتات الكنترول. وتعنى هذه النتائج أن هذا العيب الفسيولوجى يرتبط بالعوامل البيئية أكثر من ارتباطه بنقص الكالسيوم (Bárcena وآخرون ٢٠١٩).

العرق الوردى

يمكن أن يظهر بالعرق الوسطى لأوراق الخس بالرؤوس الكاملة والمجهزة للمستهلك لونًا ورديًّا يقلل من تقبله من قبل المستهلكين (شكل ١١-٢). ويرجع هذا اللون إلى تكون مركب caffeic acid O-quinone ذات اللون الوردى جراء تحول حامض الكافيك إلى quinine بفعل الـ polyphenol oxidase، بينما يظهر لون بنى جراء تكون مركبات O-quinones بنية اللون. وتتكون تلك المركبات كنواتج نهائية لتفاعلات إنزيمية عديدة تستحثها عوامل شد بيولوجية وبيئية تحفز مسار الـ phenylpropanoid، وينتج عنها عدة مركبات فينولية تحدد التباين فى شدة التلون الوردى. وقد يؤدى إنتاج الأوراق لحامض الكلوروجنك — وهو مضاد للأكسدة — إلى تقليل التلون الوردى (Saltveit ٢٠١٨).



شكل (١١-٢): أعراض الإصابة بالعرق الوردى فى الخس.

الفصل الثانى عشر

السبـــانخ

تأثير العوامل الجوية على النمو والجودة

الضوء والحرارة

دُرس تأثير الإضاءة اليومية الكلية المعدَّلة normalized daily light integral – اختصارًا: NDLI – (معدلة على دليل المساحة الورقية leaf aera index)، ودرجة الحرارة على بعض صفات الجودة فى السبانخ، وكانت النتائج كما يلى:

١- ازدادت الكتلة الجافة كنسبة من الكتلة الرطبة الطازجة بزيادة الـ NDLI؛ حيث ازدادت من ٣ إلى ٢٧ مول/م^{٢} يوميًّا.

٢- تغير محتوى النيتروجين المختزَل مع الوقت من اليوم فى الـ NDLI العالية وليست المنخفضة.

٣- تأثرت النترات والأحماض الأمينية أكثر بالحرارة عن تأثرها بالـ NDLI.

٤- ازداد النشا مع ازدياد الـ NDLI حتى ٢٧ مول/م^{٢} يوميًّا فى الصباح أو بعد الظهيرة.

٥- انخفضت السكريات بالحرارة أكثر من انخفاضها بالـ NDLI، وظهر الانخفاض فى أعناق الأوراق حتى ٢٠ ْم.

٦- ازداد حامض الأوكساليك بازدياد كلٍّ من الـ NDLI والحرارة.

٧- تغير محتوى النشا فى دورة يومية؛ فكان أقل ما يمكن فى الثامنة صباحًا، وبلغ أقصى قيمة له فى السادسة مساءً.

٨- كانت أعلى القيم للسكريات والسكروز والجلوكوز والفراكتوز أثناء النهار وأقل القيم ليلاً.

٩- ازداد تركيز حامض الأوكساليك فى نهاية اليوم.

١٠- لم تتأثر باقى المكونات الأيضية المقدرة بالوقت من اليوم.

١١- انخفض أيض السكريات فى الحرارة المنخفضة، وانخفض معها معدل النمو (Gent ٢٠١٦).

تركيز ثانى أكسيد الكربون

أدت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٠٠ ميكرومول/مول بصفة مستمرة إلى إحداث زيادة مستمرة فى معدل البناء الضوئى وفى دليل المساحة الورقية LAI، بينما لم تؤثر تلك الزيادة فى تركيز الغاز على نسبة التنفس فى الظلام إلى البناء الضوئى نهارًا، وهى النسبة التى ظلت ثابتة، كما لم يحدث تأقلم للأوراق على زيادة تركيز الغاز. ولقد أدى التأثير ذات الفائدة المركبة لزيادة تركيز الغاز إلى إحداث زيادة جوهرية فى الكتلة البيولوجية للنبات (Nomura وآخرون ٢٠٢١).

أهمية العوامل الجوية فى اختيار الصنف المناسب لعروة الزراعة

تُستخدم أصناف السبانخ البطيئة النمو وبطيئة الحنبطة (التى تكون بطيئة فى تكوين الشمراخ الزهرى مع زيادة طول النهار) فى الزراعات الربيعية المتأخرة لأجل الحصاد صيفًا. هذا.. بينما تُستخدم الأصناف السريعة النمو (وهى التى تكون أسرع فى الحنبطة) فى الزراعات الخريفية والشتوية والربيعية المبكرة. وعلى الرغم من أن النهار الطويل والحرارة العالية تُهئ النباتات للحنبطة، فإن الحنبطة تزداد بتعريض النباتات الصغيرة لحرارة ٤,٥-١٥,٥ °م (Oregon State University ٢٠٠٣).

تأثير المعاملات الزراعية على النمو والجودة

شباك التظليل

دُرس تأثير شباك التظليل الحمراء والزرقاء والرمادية على جودة أوراق السبانخ البيبى — المنتجة فى مزرعة مائية — عند الحصاد، وبعد التخزين على ٤ °م لمدة ١٠ أيام، وكانت النتائج، كما يلى:

١- أعطت معاملة الشباك الحمراء أعلى محصول.

٢- كانت نسبة المادة الجافة أعلى جوهريًّا فى معاملة الشباك الزرقاء (٩,٣٪)، مقارنة بالنسبة فى معاملتى الشباك الحمراء (٧,٣٪)، والرمادية (٦,٣٪).

٣- كان محتوى الفينولات بالأوراق البيبى الطازجة — مقدرة بملليجرامات مُكافئات حامض الجالك gallic acid/ ١٠٠ جم وزن طازج — أعلى جوهريًّا فى معاملة الشباك الحمراء (٤٨٥,٥ مجم)، مقارنة بالمحتوى فى معاملتى الشباك الزرقاء (٤٧٢,٥ مجم)، والشباك الرمادية (٣٨٧,٦ مجم)، ومعاملة الكنترول بدون شباك (٣١٦,٥ مجم).

٤- كانت قدرة تضادية الأكسدة أعلى جوهريًّا فى معاملة الشباك الحمراء.

٥- لم يؤثر لون الشباك على خصائص التذوق أو على امتلائها الرطوبى turgidity أو مظهرها عند الحصاد.

٦- حافظت السبانخ البيبى التى أُنتجت تحت الشباك الحمراء على أعلى محتوى فينولى وأعلى نشاط مضاد للأكسدة، وذلك بعد ١٠ أيام من التخزين على ٤ ْم، مع المحافظة على مظهرها كما فى معاملة الكنترول (Lara وآخرون ٢٠٢١).

التحكم فى الملوحة وفى مستوى التسميد الآزوتى

أدى تعريض نباتات السبانخ لشدٍّ ملحى معتدل (١٠/٢٠ مللى مول كلوريد صوديوم/كلوريد كالسيوم) إلى زيادة محتوى الأوراق من الفلافونويدات والكاروتينويدات، والقدرة على الاختزال، وذلك عندما كان ذلك مُصاحبًا بالتغذية بمحلول هوجلند المغذى. ويُستدل من الدراسة أن القيمة الغذائية للسبانخ يمكن أن تتحسن مع انخفاض بسيط — فقط — أو معتدل فى المحصول، وذلك بتعريض النباتات لخفض فى معدل التسميد أو لشدٍّ ملحى معتدل (Xu & Mou ٢٠١٦).

الحد من التعرض لشد التجمد بالتسميد بالكالسيوم

من المعروف أن التسميد الجيد بالكالسيوم يحفز تحمل النباتات لمختلف عوامل الإجهاد البيئى. وقد وُجد أن تسميد السبانخ الإضافى بالكالسيوم لم يحد من نمو الورقة

(مساحة الورقة)، لكنه أحدث زيادة طفيفة فى نسبة الوزن الجاف للنباتات إلى وزنه الطازج، مقارنة بمعاملة الكنترول. وقد حسَّنت المعاملة جوهريًّا من تحمل البادرات للتجمد (على –.٥،٥ إلى –٦،٥ °م) كما تبين من خفضها للتسرب الأيونى (K^+، و Mg^{2+}، والأيونات الكلية)؛ مما يدل على انخفاض الضرر للأغشية الخلوية، كما أدت المعاملة — كذلك — إلى التخفيف من الشدِّ التأكسدى (بانخفاض تراكم O_2، و H_2O_2)، وتحسين كفاءة الـ PSII potential كما وضح من فلورة الكلوروفيل، وحدوث تحسُّن فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: السوبر أوكسيد ديسميوتيز، والكاتاليز، والأوسكربيت أوكسيديز (Min وآخرون ٢٠٢١).

التغذية بالسيلينيم

أنتجت نباتات السبانخ المؤنثة محصولاً أعلى من الأوراق عما أنتجته النباتات المذكرة، وراكمت النباتات المذكرة كميات أكبر من السيلينيم والألومنيوم والزرنيخ والكروم والفاناديم، بينما راكمت النباتات المؤنثة تركيزات أعلى من الفوسفور والبورون واليود. وأدت المعاملة بسيلينيت الصوديوم sodium selenate إلى زيادة الاختلافات بين الجنسين فيما يتعلق بزيادة تراكم المنجنيز والكوبالت والنيكل فى أوراق النباتات المذكرة، والكالسيوم والبوتاسيوم فى النباتات المؤنثة. وكانت الاختلافات بين الجنسين فى النباتات التى عُومِلت بسيلينايت الصوديوم sodium selenite فى صورة سيادة تراكم الصوديوم والزنك والكادميم فى النباتات المذكرة، والرصاص فى النباتات المؤنثة. وأحدثت معاملة السيلينايت selenite خفضًا فى محتوى أوراق النباتات المؤنثة من النترات وزيادتها فى النباتات المذكرة. وفى النباتات المذكرة أدت المعاملة بالـ sodium selenate إلى إنتاج أعلى وزن جاف للأوراق، وأعطت معاملة الـ sodium selenite ومعاملة المقارنة وزنًا جافًّا أعلى فى النباتات المؤنثة عما فى المذكرة. وأظهرت النباتات المذكرة تركيزًا أعلى من البولى فينولات، بينما فى حالة المعاملة بالـ sodium selenate كان محتوى حامض الأسكوربك والكلوروفيل والكاروتين أعلى فى النباتات المؤنثة عما فى المذكرة (Gloubkina وآخرون ٢٠١٧).

التسميد بالنانوموليبدنم

كان لتسميد السبانخ بالنانوموليبدنم — مقارنة بالموليبدنم العنصرى — تأثيرًا إيجابيًّا على جميع الصفات التى دُرست، والتى تضمنت الوزنين الطازج والجاف للنبات، وتراكم النترات، ونشاط النيتريت رِدكينز nitrate reductase وكلوروفيل أ، وب، وارتفاع النبات (Abbasifar وآخرون ٢٠٢٠).

الفصل الثالث عشر

الأسبرجس

كسر السكون

يفيد تعرض نباتات الأسبرجس لحرارة منخفضة شتاء فى كسر سكون البراعم فى حرارة نمو منخفضة نسبيًّا؛ ومن ثم نمو المهاميز؛ وبذا.. يفيد ذلك فى الإسراع بالنمو فى حرارة منخفضة فى الربيع؛ مما يزيد من فرصة الإنتاج المبكر. وإذا ما تعرضت النباتات لبرودة كافية فإن الحرارة الدنيا التى يمكن عندها كسر سكون البراعم تُصبح ١٠°م فى أصناف مثل UC 157 و Apollo، و١٢,٥°م فى أصناف مثل Rutgers Beacon و Jersey Giant. ويبدو أن الحرارة المثلى لمعاملة البرودة chilling (التى تؤدى إلى سرعة كسر سكون البراعم) تكون أقرب إلى ٥°م منها إلى ١٠°م أو ٢°م. وبذا.. فإن انتهاء حالة السكون ونمو المهاميز فى الأسبرجس لا يعتمد فقط على حرارة النمو، وإنما — كذلك — على الأقل فى بعض الأصناف — على مدى ومدة التعرض للحرارة المنخفضة فى الشتاء السابق (Ku وآخرون ٢٠٠٧).

علاقة محتوى النبات من السكريات والمواد الصلبة بالنمو والمحصول

انخفض مجموع محتوى جذور الأسبرجس الخازنة من الجلوكوز والفراكتوز والسكروز فى بداية موسم الحصاد، ثم ارتفع فى نهايته. وعمومًا فإن محتوى الجلوكوز والفراكتوز ازداد، بينما انخفض محتوى السكروز. ووجد ارتباط موجب لكل من محتوى السكروز، وكذلك إجمالى محتوى الجلوكوز والفراكتوز والسكروز، وذلك بين المحتوى فى المهاميز والمحتوى فى الجذور الخازنة (r = ٠,٨٢١ للسكروز، و ٠,٦٤١ لإجمالى الجلوكوز والفراكتوز). ووُجد ارتباط سالب بين محصول المهاميز وبين كل من محتوى الجلوكوز والسكروز وإجمالى محتوى الجلوكوز والفراكتوز والسكروز فى الجذور الخازنة (r = ٠,٥٩٥، و٠,٦٢٤، و٠,٧٩٤، على التوالى). ووُجد ارتباط موجب بين المحصول الكلى أثناء الحصاد ومتوسط إجمالى محتوى الجلوكوز والفراكتوز والسكروز فى الجذور الخازنة،

وكذلك بين المحصول ومجموع الإشعاع الشمسى أثناء الحصاد، بينما وُجد ارتباط سالب بين المحصول ومجموع متوسط درجة الحرارة اليومى خلال فترة الحصاد (Gasecka وآخرون ٢٠٠٨).

وقد ذُكِرَ إنه لا توجد علاقة بين محتوى مهاميز الأسبرجس من الفراكتوز والمحصول، إلا أن نسبة محتوى الفراكتوز إلى الجلوكوز ترتبط جوهريًّا بالمحصول (r = ٠,٩٢). فعندما ارتفعت نسبة محتوى الفراكتوز إلى الجلوكوز إلى ٠,١٣ ازداد المحصول بنحو طن واحد للهكتار (٤٢٠ كجم للفدان). وقد ارتبط محتوى كل من الجلوكوز والسكروز والسكر الذائب سلبيًّا مع المحصول (r = -٠,٧٦، و-٠,٧٧، و -٠,٧٩، على التوالى). وعندما انخفض محتوى الجلوكوز والسكروز والسكر الذائب فى المهاميز عن ٠,٢٩ مجم/جم، و ٠,٢٠ مجم/جم)، و٨٥ مجم/جم — على التوالى — ازداد المحصول بمقدار حوالى طن للهكتار. وخلال العشرين يومًا الأولى من الحصاد ارتبطت الكمية المحسوبة من السكر الذائب التى تراكمت فى المهاميز التى تم حصادها بالمحصول فى باقى موسم الحصاد (Krzesinski وآخرون ٢٠٠٧).

هذا.. وتراوحت نسبة المواد الصلبة الذائبة فى مهاميز الأسبرجس من ٣,٠٪ إلى ٨,٥٪. وقد انخفضت النسبة من بداية موسم الحصاد حتى نهايته، إلاّ إنها تقلبت بوضوح تبعًا للظروف الجوية؛ فمثلاً أدى ارتفاع درجة الحرارة مع انخفاض فى معدل هطول الأمطار لعدة أيام قبل تسجيل القياس إلى حدوث زيادة جوهرية فى نسبة المواد الصلبة الذائبة. كذلك اختلفت النسبة باختلاف حجم المهاميز، حيث كانت أقل فى المهاميز الأصغر حجمًا (Zurawicz وآخرون ٢٠٠٨).

تأثير التلقيح بالميكوريزا على النمو وفسيولوجيا النبات

دُرس تأثير معاملة تلقيح الأسبرجس بفطر الميكوريزا *Glomus intradices*، ووجد أن المعاملة أحدثت ما يلى:

١- زيادة الكتلة البيولوجية وتحمل الحرارة العالية (٤٢/٣٧ْم ليل/نهار) بوضوح.

٢- انخفاض واضح فى سرعة التلون البنى للأوراق (الـ cladophyll) فى الحرارة العالية.

٣- زيادة فى نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة: السوبر أوكسيد ديسميوتيز والأسكوربيت بيروكسيديز.

٤- زيادة فى النشاط المضاد للأكسدة فى كلِّ درجات الحرارة المختبرة (٢٠/٢٥ °م، و٣٠/٣٥ °م، و٣٧/٤٢ °م ليل/ نهار).

٥- زيادة النمو ومحتوى العناصر المعدنية (Yeasmin وآخرون ٢٠١٩).

تدهور مزارع الأسبرجس

إن أحد أسباب تدهور مزارع الأسبرجس asparagus decline ومشاكل إعادة زراعة الجور الغائبة يُعتقد بأن مرده إلى السُمية الذاتية autotoxicity للأسبرجس. ولقد وُجد أن المستخلص الميثانولى لتربة مزرعة أسبرجس عمرها ١٠ سنوات ثبط نمو بادرات الأسبرجس؛ بما يعنى أن التربة بها سمية ذاتية. ولقد أمكن عزل مركب مثبط للنمو بشدة من ذلك المستخلص، ووُجد إنه trans-cinnamic acid، وهو الذى ثبط نمو بادرات الأسبرجس بتركيزات تزيد عن ١٠ ميكرومول. وكانت التركيزات التى تلزم لحدوث تثبيط للنمو بنسبة ٥٠٪ فى التربة ٢٤,١-٤١,٦ ميكرومول، علمًا بأن المركب تراكم فى تربة مزرعة الأسبرجس التى بعمر ١٠ سنوات حتى ١٧٤ ميكرومول، وهو تراكم كافٍ لحدوث تثبيط لنمو الأسبرجس (Kato-Noguchi وآخرون ٢٠١٨).

الفصل الرابع عشر

خضر متنوعة

البامية

تأثير البكتيريا المذيبة للزنك على النمو والجودة

من بين ثلاثين عزلة بكتيرية حُصِلَ عليها من الفيرميكمبوست أمكن التعرف على عزلتين كانتا قادرتين على إذابة الزنك من مصادر معدنية غير ذائبة، مثل ZnO، و $ZnCO_3$. كانت العزلتان من .*Pseudomonas* spp، وأعطيتا الرمزين الكوديين VBZ4، و VBZ17. وعندما عُومِلت بذور البامية بالعزلتين معًا فإنهما أثبتا فاعلية فى تحسين النمو النباتى وفى زيادة محتوى قرون البامية من الزنك إلى ٢,٨٥ مجم/١٠٠ جم (Karnwal ٢٠٢١).

الكرفس

إسفنجية أعناق الأوراق

تبين أن لعدم انتظام توفر مياه الرى — وليس عدم كفاءة التغذية بالنيتروجين — أهمية كبيرة فى ظهور حالة إسفنجية أعناق أوراق الكرفس، التى تُعرف باسم pithiness.

ويفضل دائمًا رى الكرفس على فترات متقاربة، مع تقليل كمية مياه الرى المستعملة فى كل رية (Breschini & Hartz ٢٠٠٢).

الرجلة

تأثير بيئة الزراعة على الجودة

تُعد الرجلة مصدرًا غنيًّا للمواد الحامية بيولوجيًّا والتى تُعد أساسية للنمو الطبيعى للإنسان والمحافظة على صحته وتجنب إصابته بالأمراض. ولقد وُجد عند مقارنة الرجلة

المنتجة على بيئات مختلفة أن تلك التى أُنتجت فى بيئة من البيت كانت الأعلى محتوى فى كل من الأحماض الدهنية الكلية، والـ alpha-linolenic acid، والـ linoleic acid، بينما حُصل على أعلى نسبة من الـ alpha-linolenic acid إلى الأحماض الدهنية الكلية فى النباتات التى أُنتجت فى بيئة من البرليت أو ليف جوز الهند coir (Cros وآخرون ٢٠٠٧).

تأثير الشد البيئى على النمو والجودة

شد الجفاف

للرجلة قدرة عالية على تحمل شدِّ الجفاف؛ حيث تنشط فى ظروف شد الجفاف عديدًا من الآليات الفسيولوجية التى تسمح بالعودة بكفاءة للحالة الطبيعية عند انتهاء حالة الشد. ففى ظروف شدِّ الجفاف لمدة ١٠ أيام يزداد جوهريًّا محتوى الـ malondialdehyde، والبرولين، والتسرب الأيونى، والعناصر المحبة للأكسدة، ونشاط إنزيمات السوبر أوكسيد ديسميوتيز، والبولى فينول أوكسيديز، بينما يؤدى زوال حالة شد الجفاف لمدة ١–٣ أيام إلى انخفاض كل تلك الدلائل. وبينما قلل شدِّ الجفاف من المحتوى المائى بالأوراق ومحتوى الكلوروفيل، فإن الرى أدى إلى استعادة سريعة لمحتوى الأوراق المائى وتدريجى لمحتواها من الكلوروفيل (Jin وآخرون ٢٠١٥).

شد الملوحة

تعد الرجلة من الخضر المتحملة للملوحة، ويؤثر شدِّ الملوحة على محتواها من مختلف الأحماض الدهنية. ولقد وُجد أن شد ملوحة قدره ٢٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم أثر على نمو أجزاء النبات الهوائية والأرضية، وعلى كفاءة البناء الضوئى، والقدرة الأسموزية، وخاصة فى الصنف البرى Liaoning China Local؛ حيث أمكن تمييز ١٢ حمضًا دهنيًّا، كان أهمها: alpha-linolenic acid، و linoleic acid. وأحدث شد الملوحة زيادة جوهرية فى محتوى الأوراق والسيقان من أوميجا–٣، وكانت نسبة أوميجا–٦ إلى أوميجا–٣ شديدة الانخفاض (Zaman وآخرون ٢٠١٩).

الكسبرة

تأثير المعاملة بالجليسين على النمو والجودة

فى دراسة بالبيت المحمى.. أدت إضافة الحامض الأمينى جليسين glycine للتربة بمعدل ٣٠٠ أو ٦٠٠ مجم/كجم من التربة إلى تحسين خصائص نمو الكزبرة؛ حيث ازداد — جوهريًّا — كلاًّ من ارتفاع النبات، وقراءة الـ SPAD بالأوراق، والوزن الطازج للنمو الخضرى والجذور، وخاصة مع المستوى المرتفع من الجليسين. كذلك خفضت معاملة الجليسين من عدد النباتات التى أزهرت، بينما أدت إلى زيادة محتوى المواد الصلبة الذائبة وفيتامين ج، وتركيز عناصر النيتروجين والكالسيوم والبوتاسيوم والفوسفور والحديد والزنك بالأوراق، دون التأثير على محتوى المغنيسيوم والمنجنيز (Mohammadipour & Souri ٢٠١٩).

تأثير المعاملة ببكتيريا المحيط الجذرى على النمو والجودة

أدى تلقيح الكسبرة ببكتيريا المحيط الجذرى *Bacillus halotolerans* إلى زيادة محتوى أوراقها من كلٍّ من البوتاسيوم والكالسيوم والحديد، مع إحداث تحسن جوهرى فى محتواها من المركبات الفينولية، كان منها المركبات الآتية:

5-O-caffeoylquinic acid
cinnamic acid
4-methoxy-cinnamic acid hexoside
K-3-O-rutinoside
Q-3-O- rutinoside
Q-3-O-glucuronide

ولقد كانت البكتيريا نشطة فى استعمار الجذور (Jiménez-Gómez وآخرون ٢٠٢٠).

الأمارانث

تأثير الملوحة على الجودة

يُعد الأمارانث *Amaranth tricolor* مصدرًا فريدًا للبيتالين betalin (الـ β-cyanin والـ β-xanthin)، ومصدرًا لمضادات الأكسدة الطبيعية، مثل الصبغات والفيتامينات والبولى فينولات والفلافونويدات. لهذه المركبات أهمية كبيرة للإنسان نظرًا لأنها تزيل سموم الشوارد النشطة فى الأكسدة، وتُسهم فى الدفاع ضد عديد من الأمراض.

ولقد وُجدت زيادة جوهرية لافتة للنظر فى كلٍّ من الصبغات، والـ β-cyanin، والـ β-xanthin، والـ betalain، والكاروتينويدات الكلية، والفلافونويدات والقدرة الكلية على تضادية الأكسدة لدى تعريض النباتات لشدٍّ ملحى قدره ٥٠ أو ١٠٠ مللى مول كلوريد صوديوم. ولقد أظهرت صبغات الأوراق النشطة بيولوجيًّا، والبيتاكاروتين، وفيتامين ج، والفينولات والفلافونويدات.. أظهرت نشاطًا جيدًا مضادًّا للأكسدة.

ونظرًا لتحمل الأمارانث الجيد لشدِّ الملوحة، مع تحسن خواصه الغذائية فى ظروف شدِّ الملوحة، فإنه يمكن أن يكون محصولاً بديلاً واعدًا للزراعة فى الأراضى الملحية (Sarker & Oba ٢٠١٨).

الروبارب

العيوب الفسيولوجية

من أهم العيوب الفسيولوجية للروبارب، ما يلى:

١- تعرض أعناق الأوراق للتشقق عندما تفتقر لوجود أجزاء صغيرة من النصل متصلة بها.

٢- التخويخ عندما تكون الأعناق زائدة النضج.

٣- تجريح الأعناق بفعل ضرب الرمل المحمول بالرياح لها، وعند تداولها بخشونة.

عيش الغراب العادى

المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة

وُجدت مركبات متطايرة تحتوى على ١٦ أو ١٨ ذرة كربون فى عيش الغراب العادى *Agaricus bisporus*، كان منها (Caglarirmak ٢٠٠٩):

octadecanoic acid derivatives

hexadecanoic acid derivatives

dl-limonene

n-nonane

benzendicarboxylic acid

cis-linoleic acid esters

مصادر الكتاب

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٨٨). أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (الصوبات). الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة ٩٢٠ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٤). إنتاج وفسيولوجيا واعتماد بذور الخضر. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة ٥٨٥ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (١٩٩٨). أساسيات وفسيولوجيا الخضر، المكتبة الأكاديمية — القاهرة — ٥٩٦ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠١). إنتاج الفلفل والباذنجان. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٣٦ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠١). إنتاج الخضر البقولية. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٢٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٢). إنتاج الفراولة. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٨٨ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣). إنتاج الخضر الكرنبية والرمرامية. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٢٧ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣). إنتاج الخضر الخيمية والعليقية. الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة — ٣١٥ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٣). إنتاج الخضر المركبة والخبازية والقلقاسية. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة ٣٠٠ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٤). إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الأول. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٣٠٤ صفحات.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٤). إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الثانى. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة ٣٠٠ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٠٤). إنتاج الخضر الثانوية وغير التقليدية: الجزء الثالث. الدار العربية للنشر والتوزيع — القاهرة — ٤٢٤ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠١٨). تحديات إنتاج وتصدير الطماطم ووسائل التغلب عليها. دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع – القاهرة – ٣٣٥ صفحة.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٢٠). القرعيات: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها– نشر إليكترونى– ٤٢١ صفحة

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٢٠). البطاطس: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها. نشر إليكترونى – ٥١٠ صفحات.

حسن، أحمد عبدالمنعم (٢٠٢٢). البصل والثوم: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليها – نشر إليكترونى – ٤٩٣ صفحة.

Abbasifar, A. et al. 2020. Effect of green synthesized molybdenum nanoparticles on nitrate accumulation and nitrate reductase activity in spinach. J. Plant Nutr. 43 (1): 13-27.

abdAllah, A. M., K. O. Burkey, and A. M. Mashaheet. 2018. Reduction of plant water consumption through anti-transpirants foliar application in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.). Sci. Hort. 235: 373-381.

Abhayashree, M. S., M. Murali, and K. N. Amruthesh. 2016. Abiotic elicitors mediated resistance and enhanced defense related enzymes in *Capsicum annuum* L. against anthracnose disease. Sci. Hort. 204: 172-178.

Adams, S. R., K. E. Cockshull, and C. R. L. Cave. 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits Ann. Bot. 88 (5): 869-877.

Adavi, Z. et al. 2020. Antioxidant enzyme responses in potato (*Solanum tuberosum*) cultivars colonized with arbuscular mycorrhizas. Potato Res. 63: 291-301.

Agehara, S. 2020. Preplant application of 1-methylcyclopropene improves postplanting performance of tomato transplants by suppressing ethylene-induced stress responses. HortScience 55 (4): 581-588.

Agehara, S. and D. I. Leskovar. 2015. Growth suppression by exogenous abscisic acid and uniconazole for prolonged marketability of bell pepper transplants in commercial conditions. Sci. Hort. 194: 118-125.

Agehara, S. and D. I. Leskovar. 2017. Growth suppression by exogenous absicsic acid and uniconazole for prolonged marketability of tomato transplants in commercial conditions. HortScience 52 (4): 606-611.

Akköprü, A. et al. 2021. The long-tern colonization dynamics of endophytic bacteria in cucumber plants, and their effects on yield, fruit quality and angular leaf spot disease. Sci. Hort. 282.

Albornoz, F. and J. H. Lieth. 2016. Daily macronutrient uptake patterns in relation to plant age in hydroponic lettuce. J. Plant Nutr. 39 (10): 1357-1364.

Albornoz, F. and J. H. Lieth. 2017 N,P,K and S uptake response to various levels of CO_2 assimilation and growth rate in lettuce. J. Plant Nutr. 40 (6): 773-783.

Ali, B. 2017. Practical applications of brassinosteroids in horticulture – some field perspectives. Sci. Hort. 225: 15-21.

Ameri, A. et al. 2020. Flowering times and some growth indicators of strawverry were affected by physical properties of the growing media. Sci. Hort. 272.

Arancibia, R. A., J. L. Main, and C. A. Clark. 2013. Sweetpotato tip rot incidence is increased by preharvest applications of ethephon and reduced by curing. HortTechnology 23 (3): 288-293.

Aslani, L., M. Gholami, and M. Mobli. 2020. The relationship between tomato fruit growth, incidence of blossom-end rot and phytohormone content as affected by sink/source ratis. Ann. App. Biol. 177 (2): 211-222.

Augirre-Becerra, H. et al. 2020. Effect of extended photoperiod with a fixed mixture of light wavelengths on tomato seedlings. HortScience 55 (11): 1832-1839.

Azuma, R. et al. 2010. Fruits are more sensitive to salinity than leaves and stems in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). Sci. Hort. 125 (3): 171-178.

Balasooriya, H. N., K. B. Dassanayake, S. Seneweera, and S. Ajlouni. 2019. Impact of elevated carbon dioxide and temperature on strawberry polyphenols. J. Sci., Food Agr. 99 (10).

Balliu, A. and G. Sallaku. 2021. The environment temperature affects post-germination growth and root system architecture of pea (*Pisum sativum* L.) plants. Sci. Hort. 278.

Ban, S. G., G. V. Selak, and D. I. Leskovar. 2017. Short- and long-term responses of pepper seedlings to ABA exposure. Sci. Hort. 225: 243-251.

Bandara, P. M. S. and K. K. Tanino. 1995. Effect of gibberellic acid (GA_3) on seedstalk development and flowering in carrot (*Daucus carota* L. var. *sativa* DC). Acta Hort. No. 394: 251-261.

Bárcena, A. et al. 2019. Shade cloths and polyethylene covers have opposite effects on tipburn development in greenhouse grown lettuce. Sci. Hort. 249: 93-99.

Barchenger, D. W. and P. W. Bosland. 2016. Exogenous applications of capsaicin inhibits seed germination of *Capsicum annuum*. Sci. Hort. 203: 29-31.

Bar-Tal, A., M. Keinan, B. Aloni et al. 2001. Relationships between blossom-end rot and water availability and Ca fertilization in bell pepper fruit production. Acta. Hort. No. 554: 97-104.

Battey, N. H. et al. 1998. Genetic and environmental control of flowering in strawberry, pp. 111-131. In: K. E. Cockshull et al. (eds.). Genetic and environmental manipulation of horticultural crops. CABI Publishing. Walligford, UK.

Bayat, N., A. A. Ghanbari, and V. Bayramzade. 2021. Nanopriming a method for improving crop plants performance: a case study of red beans. J. Plant Nutr. 44 (1): 142-151.

Becker, R. F. 1986. Nonpathogenic disorders of cabbage. Cornell Coop. Ext. Fact Sheet. The Internet.

Beltayef, H. et al. 2021. Potential *Piriformospora indica* effect on growth and mineral nutrition of *Phaseolus vulgaris* crop under low phosphorus intake. J. Plant Nutr. 44 (4): 498-507.

Benoit, F. and N. Ceustermans. 1999. Impact of root cooling on blossom end rot in soilles paprika. European Vegetable Research and Development Center, Belgium. 9 p.

Bhargava, S. and S. Mitra. 2021. Elevated atmospheric CO_2 and future crop plants. 140 (1): 1-11.

Boersma, M., A. J. Gracie, and P. H. Brown. 2013. Evidence of mechanical tissue strain in the development of hollow stem in broccoli. Sci. Hort. 164: 353-358.

Boo, H., H. Kin, and H. Lee. 2010. Changes in sugar content and sucrose synthase enzymes during fruit growth in eggplant (*Solanum melongena* L.) grown on different polyethylene mulches. HortSience 45: 775-777.

Bratsch, A. 2006. Specialty crop profile: globe artichoke. Virginia Cooperative Extension. 12 p. The Internet.

Breschini, S. J. and T. K. Hartz. 2002. Drip irrigation management affects celery yield and quality. HortScience 37 (6): 894-897.

Cag larirmak, N. 2009. Determination of nutrients and volatile constituents of *Agricus bisporous* (brown) at different stages. J. Sci. Food Agr. 89 (4): 634-638.

Cao, F., C. Guan, H. Dai, X. Li, and Z. Zhang. 2015. Soluble solids content is positively correlated with phosphorus content in ripening strawberry fruits. Sci. Hort. 195: 183-187.

Castanares, J. L. and C. Alberto Bouzo. 2019. Effect of exogenous melatonin on seed germination and seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.) under salt stress. Hort. Plant J. 5 (2): 79-87.

Chai, L. et al. 2021. Girdling alters carbohydrate allocation to increase fruit size and advance harvest in tomato production. Sci. Hort. 276.

Chang, L. L., Y. T. Zhang, G. X. Wang, J. Dong, C. F. Zhong, L. N. Wang and T. H. Li. 2013. The effects of exogenous methyl jasmonate on FaNES1 gene expression and the biosynthesis of volatile terpenes in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 88 (4): 393-398.

Chang, D. C. et al. 2020. Effects of chitting duration on early maturation of potatoes in a short season environment. Amer. J. Potato. Res 97 (1): 43-53.

Cheah, L. H. and D. W. Brash. 2001. Minimizing postharvest rots and quality loss in New Zealand carrots, pp. 327-341. In: R. Dris, R. Niskanen, and S. M. Jain (eds.). Crop management and postharvest handling of horticultural products. Vol. I. Quality management. Sci. Pub., Inc. Enfield, NH, USA.

Chen, W. et al. 2019. Methyl jasmonate, salicylic acid and abscisic acid enhance the accumulation of glucosinolates and sulforaphane in radish (*Raphanus sativus* L.) taproot. Sci. Hort. 250: 159-167.

Chen, Z. et al. 2021. Functional growth, photosynthesis and nutritional property analyses of lettuce grown under different temperature and light inteneity. J. Hort. Sci. Biotechnol. 96 (1): 53-61.

Chiomento, J. L. T. et al. 2021. Morpho-horticultural performance of strawberry cultivated on substrate with arbusular mycorrhizal fungi and biochar. Sci. Hort. 282.

Chrysargyris, A. et al. 2018. Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. J. Sci. Food Agr. 98 (15).

Clark, C. A. et al. 2013. Incidence of end rots and internal necrosis in sweetpotato is affected by cultivar, curing, and ethephon defoliation. HortTechnology 23 (6): 886-892.

Claypool, N. B. and J. H. Lieth 2021. Modeling morphological adaptations of bell pepper (*Capsicum annuum*) to light spectra. Sci. Hort. 285.

Cros, V., J. J. Martinez-S'nchez, and J. A. Franco. 2007. Good yields of common purslane with high fatty acid content can be obtained in a peat-based floating system. HortTechnology 17 (1)

Cruz-Huerta, N., J. G. Williamson, and R. L. Darnell. 2011. Low night temperature increases ovary size in sweet pepper cultivars. HartScience 46.

Cui, M. et al. 2021. Flower development and fruit malformation in strawberries after short-term exposure to high or low temperature. Sci. Hort. 288.

Damato, G. and N. Calabrese. 2007. Osmoconditioning and germination temperatures in "seed" of two artichoke cultivars. Acta Hort. No. 730: 331-336.

Dannehl, D. 2018. Effects of electricity on plant responses. Sci. Hort. 234: 382-392.

Daoud, B., E. Pawelzik, and M. Naumann. 2020. Different potassium fertilization levels influence water-use efficiency, yield, and fruit quality attributes of cocktail tomato – a comparative study of deficient-to-excessive supply. Sci. Hort. 272.

Darnell, R. L. and C. K. Chandler. 2003. The physiology of flowering in strawberry. Hort. Rev. 28: 325-349.

da Silva, M. P. S. et al. 2021. Capsaicinoides and mineral composition of peppers produced under nutrient deficiencies. J. Plant Nutr. 44 (6): 845-853.

de Espinosa Baselga, F. M. et al. 2020. Vine removal prior to harvest, and curing duration and temperature affect the incidence and severity of internal necrosis in 'Cavington' swettpotato. HortTechnology 30 (5).

de Jonge, F. D. et al. 2018. A seed treatment to prevent shoot apical meristem arrest in *Brassica oleracea*. Sci. Hort. 228: 76-80.

de Oliveira, J. T. et al. 2020. Contribution of morphological variables in garlic bulb yield. HortScience 55 (6): 896-899.

Diaz-Pérez, J. C. 2010. Bell pepper (*Capsicum* annuum L.) grown on plastic film mulches: effects on crop microenviroment, physiological attributes, and fruit yield. HortScience 45.

Diaz-Pérez, J. and J. E. Hook. 2017. Plastic-mulched bell pepper (*Capsicum* annuum L.) plant growth and fruit yield and quality as influenced by irrigation rate and calcium fertilization. HortScience 52 (5): 774-781.

Djangsou, H. G. H., F. Enrico, R. Domenico, and B. Matteo. 2019. Blossom end-rot in tomato (*Solanum lycopesicon* L.): A multi-disciplinary overview of inducing factors and control strategies. Sci. Hort. 249: 49-58.

Djidonou, D. et al. 2019. Nitrogen accumulation and root distribution of grafted tomato plants as affected by nitrogen fertilization: HortScience 54 (11): 1907-1914.

Doan, C. C. and M. Tanaka. 2022. Relationships between tomato cluster growth indices and cumulative environmental factors during greenhouse cultivation. Sci. Hort. 295.

Dong, C., L. Wang, Q. Li, and Q. Shang. 2021. Epiphytic and endophytic fungal communities of tomato plants. Hort. Plant J. 7 (1): 38-48.

Dong, Y. et al. 2022. Effects of exogenous KT and BA on fruit quality in strawberry (*Fragaria vesca*). J. Hort. Sci. Biotechnol. 97 (2): 236-243.

Dooki, M. et al. 2021. Flowering gene regulation in tomato plants treated with brown seaweed extracts. Sci. Hort. 276.

Dukare, A. et al. 2021. Plastic film and organic mulching increases rhizophere microbial population, plant growth, and mineral uptake in low input grown tomato in the northwestern region of India J. Plant Nutr. 44 (6): 814-828.

Dumer, E. F. 2015. Photoperiod affects floral ontogeny in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) plug plants. Sci. Hort. 194: 154-159.

Ellis, G. D., L. O. Knowles, and N. R. Knowles. 2020. Increasing the production efficiency of potato with plant growth retardants. Amer. J. Potato Res. 97 (1): 88-101.

Ellouzi, H. et al. 2021. Seed-priming with H_2O_2 alleviates subsequent salt stress by preventing ROS production and amplifying antioxidant defense in cauliflower seeds and seedlings. Sci. Hort. 288.

Erickson, A. N. and A. H. Markhart. 2002. Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. Plant, Cell and Environment 25: 123-130.

Everaarts, A. P. and M. Blom-Zandstra. 2001. Internal tipburn of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). J. Hort. Sci. Biotechnol. 76 (5): 515-521.

Fallik, E. and C. Ziv. 2020. How rootstock/scion combinations affect watermelon fruit quality after harvest. J. Sci. Food Agr. 100: 3275-3282.

Forges, M. et al. 2020. Impact of UV-C radiation applied during plant growth on pre- and postharvest disease sensitivity and fruit quality of strawberry. Plant Dis. 104.

Fu, Y. et al. 2017. Interaction effects of light intensity and nitrogen concentration on growth, photosynthetic characteristics and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. youmaicai). Sci. Hort. 214: 51-57.

Fukuoka, N. and T. Enomoto. 2011. The occurrence of internal browning by high soil temperature treatment and its physiological function in *Raphanus* root. Plant Sci. 161 (1): 117-124.

Fukuoka, N. et al. 2019. Impacts of cultivation practices on internal browning in sweetpotato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 94: 805-813.

Fulton, J. C. and M. E. Uchanski. 2017. A review of chile pepper (*Capsicum annuum*) stip: a physiological disorder of peppers. HortScience 52 (1): 4-9.

Fulton, J. C. et al. 2021. A microscopic metabolomic description of stip-affected tissue in New Mexico pod-type pepper. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 146 (3): 169-177.

Gaion, L. A. et al. 2019. Amplification of gibberellins response in tomato modulates calcium metabolism and blossom end rot occurrence. Sci. Hort. 246: 498-505.

Galini, A. et al. 2015. Effects of nutrient deficiency and abiotic environmental stresses on yield, phenolic compounds and antiradical activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.) . Sci. Hort. 187: 93-101.

Galmarini, C., R. Borgo, J. C. Gaviola, and R. Tizio. 1995. Effect of gibberellic acid on seed production in carrot (*Daucus carota* L.) . I. Effect of different concentration and application dates on vegetative cycle length and seed yield and quality. (In Spanish with English summary). Hort. Argen. 14 (37): 74-86. c.f. Hort. Abst. 67: Abst. 5065; 1997.

Gao, X., S. Zhang, X. Zhao, and H. Long. 2020 Evaluation of potassium application on tomato performance and rhizosphere bacterial communities under negative pressure irrigation of greenhouse-grown. J. Plant Nutr. 43 (3): 317-326.

Gao, S. et al. 2022. Selenomethionene regulates the sugar-acid ratio of strawberry fruit by modulating the activities of related enzymes. J. Hort. Sci. Biotechnol. 97 (2): 224-235.

Gartner, W., P. C. Bethke, T. J. Kisha, and J. Nienhuis. 2020. Changes in sugar concentrations of seed and pod tissue during development in snap and dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). HortScience 55 (10): 1692-1697.

Gasecka, M. et al. 2008. Changes in glucose, fructose and sucrose contents in storage roots of asparagus during vegetation period. Veg. Crops Res. Bul. (Warsaw). 69: 145-154.

Gent, M. P. N. 2016. Effect of irradiance and temperature on composition of spinach. HortScience 51 (2): 133-140.

Ghorbanli, M., M. F. Sepehr, and N. Shekarkar. 2015. Interaction of pH and Mn on physiological paramenters of *Brassica oleracea* L. J. Plant Nutr. 38 (9): 1383-1397.

Giné-Bordonaba, J. and L. A. Terry. 2016. Effect of deficit irrigation and methyl jasmonate application on the composition of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) fruit and leaves. Sci. Hort. 199: 63-70.

Goicoechea, N. et al. 2015. Selenium fertilization and mycrorhizal technology may interfere in enhancing bioactive compounds in edible tissues of lettuces. Sci. Hort. 195: 163-172.

Goldberg, N. P. 2013. Blossom-end rot. NM State Univ. Guide A-231. 2 p. The Internet

Golubkina, N. A. et al. 2017. Intersezual differences in plant growth, yield, mineral composition and antioxidants of spinach (*Spinacia oleracea* L.) as affected by selinum form. Sci. Hort. 225: 350-358.

Gómez-Bellot, M. J. et al. 2021. Effect of mixed substrate with different mycorrhizal fungi concentrations on the physiological and productive response of three varieties of tomato. Sci. Hort. 283.

Gonzalez-Chavira, M.M. et al. 2018. Controlled water deficit as abiotic stress factor for enhancing the phytochemical content and adding-value of crops. Sci. Hort. 234: 354-360.

Grasso, R. et al. 2020. Root and crop response of sweet pepper (*Capsicum annuum*) to increasing N fertilization Sci. Hort. 273.

Grevsen, K., J. E. Olsen, and B. Veierskov. 2003. The effects of temperature and plant developmental stage on the occurrence of the curd quality defects "bracting" and "riciness" in cauliflower. J. Hort. Sci. Biotechnol. 78 (5): 638-646.

Guo, R. et al. 2019. Effect of photoperiod on the formation of cherry radish root. Sci. Hort. 244: 193-199.

Gutezeit, B. 2001. yield and quality of carrots as affected by soil moisture and N-fertilization. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76 (6): 732-738.

Haghighi, M., S. Saadat, and L. Abbey. 2020. Effect of exogenous amino acids application on growth and nutritional value of cabbage under drought stress. Sci. Hort. 272.

Hamano, M. et al. 2015. Promotion of flowering by photoperiod treatment in six strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivars with different everbearing patterns. J. Hort. Sci. Biotechnol. 90 (2): 157-163.

Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CABI Publishing. Wallingford, UK. 237 p.

Hartz, T. K., P. R. Johnstone, R. F. Smith, and M. D. Cahn. 2007. Soil calcium status unrelated to tipburn of Romaine lettuce. HortScience 42.

Hayat, S. et al. 2018. Aqueous garlic extract stimulates growth and antioxidant enzymes activity of tomato (*Solanum lycopersicum*). Sci. Hort. 240: 139-146.

He, Y. et al. 2019. glyoxylate cycle and reactive oxygen species metabolism are involved in the improvement of seed vigor in watermelon by exogenous GA_3. Sci. Hort. 247: 184-194.

Hernández, V., P. Hellin, J. Fenoll, and P. Flores. 2020. Impact of nitrogen supply limitation on tomato fruit composition. Sci. Hort. 264.

Hernández-Soberano, C. et al. 2020. Endophytic bacteria *Arthobacter agilis* UMCV2 and *Bacillus methylotrophicus* M4-96 stimulate achene germination, in vitro growth, and greenhouse yield of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) Sci. Hort. 261.

Heuvelink, E. and O. Korner. 2001. Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom-end rot in sweet pepper. Annals of Botany 88 (1): 69-74.

Hortynski, J. A., J. Zebrowska, J. Gawronski, and T. Hulewicz. 1991. Factors influencing fruit size in the strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). Euphytica 56: 67-74.

Hu, Z. et al. 2019. Soft-X-irradiated pollens induce parthenocarpy in watermelon via rapid changes of hormone-signalings and hormonal regulation. Sci. Hort. 250: 317-328.

Huang, Y. et al. 2018. Sucrose metabolism in watermelon fruit is affected by fruit-setting method under plastic film greenhouses. J. Hort. Sci. Biotechnol. 93 (6): 585-594.

Huntenburg, K., I. C. Dadd, and M. Stalham. 2021. Agronomic and physiological response of potato subjected to soil compaction and/or drying. Ann. Appl. Biol. 178 (2): 328-340.

Ibrahim, A. 2020. Improvement in growth, yield, and fruit quality of three red sweet pepper cultivars by foliar application of humic and salicylic acids. HortTechnoloty 29 (2): 170-178.

Ibrahim, E. A. and W. A. Ramadan. 2015. Effect of zinc foliar spray alone and combined with humic acid or/and chitosan on growth, nutrient elements content and yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants sown at different dates. Acta Hort. 184: 101-105.

Jenni, S., P. Dutilleul, S. Yamasaki, and N. Tremblay. 2001. brown head of broccoli. II. Relationships of the physiological disorder with nutritional and meteorological variables. HortSicence 36 (7): 1228-1234.

Ji, S. et al. 2020. The effect of *Trichodrema* bioferilizer on the quality of flowering chinese cabbage and the soil environment. Sci. Hort. 262.

Jiang, Y. et al. 2020. Pea pollen viability and seed set response at high night temperature. Canad. J. Plant Sci. 100 (3): 332-335.

Jiménez,Gómez, A. et al. 2020. Increase in phenolic compounds of *Coriandrum sativum* L. after the application of a *Bacillus halotolerans* biofertilizer J. Sci. Food Agr. 100 (6).

Jin, R. et al. 2015. Physiological changes of purslane (*Portulaca oleracea* L.) after progressive drought stress and rehydration. Sci. Hort. 194: 215-221.

Josuttis, M., H. Dietrich, C. D. Patz, and E. Kruger. 2011. Effects of air and soil temperatures on the chemical composition of fruit and agronomic performance in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 86 (4): 415-421.

Kalisz, A. et al. 2014. Impact of low-temperature transplant treatment on yield and quality of cauliflower curds in late spring production. Sci. Hort. 176: 134-143.

Kalisz, A. et al. 2018. Mineral composition of cauliflowers with differently coloured curds modified by the chilling of juvenile plants. Sci. Hort. 232: 216-225.

Kaluzewicz, A., W. Krzesinski, and M. Knaflewski. 2009. Effect of temperature on the yield and quality of broccoli heads. Veg. Crops Res. Bul. 71: 51-58.

Karakas, M. C. et al. 2021. Effects of water deficit on growth and performance of drip irrigated sweet potato varieties. J. Sci. Food Agr. 101 (7): 2961-2973.

Karnwal, A. 2021. Zinc solubilizing *Pseudomonas* spp. from vermiconpost bestowed with multifaceted plant growth promoting properties and having prospective modulation of zinc biofortification in *Abelmoschus esculentus* L. J. Plant Nutr. 44 (7): 1023-1038.

Kato-Noguchi, H., K. Nakamura, and N. Okuda. 2018. Involvement of an autotoxic compound in asparagus decline. J. Plant Physiol. Vol. 224-225: 49-55.

Keutgen, N., F. Mukminah, and G. W. Roeb. 2002. Sink strength and photsynthetic capacity influence tuber development in sweet potato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 77 (1): 106-115.

Khan, R. I. 2018. Effect of pre-harvest foliar application of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on growth yield, and storage life of different bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars grown under hydroponic conditions. J. Plant Nutr. 41 (18): 2309-2319.

Khapte, P. S., P. Kumar, U. Burman, and P. Kumar. 2019. Deficit irrigation in tomato: agronomical and physio-biochemical implications. Sci. Hort. 248: 256- 264.

Khokhar, K. M. 2017. Environmental and genotypic effects on bulb development in onion – a review. J. Hort. Sci. Biotechnol. 92 (5): 448-454.

Kiaitski, E., R. Tosetti, and L. A. Terry. 2020. Susceptibility to blackheart disorder in potato tubers is influenced by sugar and phenolic profile. Postharvest Biol. Technol. 162.

Kim, G. J., J. H. Kim, I. S. Woo, and J. H. Bae. 2001. Effect of root zone temperature on the yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in hydroponics. In Korean with English summary. J. Korean Soc. Hort. Sci. 42 (1): 48-52.

Kim, J. Y. et al. 2021. Specific audible sound waves improve flavonoid contents and antioxidative properties of sprouts. Sci. Hort. 276.

Koike, S. T., K. F. Schulbach, and W. E. Chaney. 1997. Cauliflower production in California. Univ. Calif., Div. Agr. Nat. Res. Pub. 7219. 3 p.

Koike, S. T., F. G. Zalom, and K. D. Larson. 2009. Bronzing of strawberry fruit as affected by production practices, environmental factors, and thrips. HortSicence 44: 1588-1593.

Konsin, M., I. Voipio, and P. Palonen. 2001. Influence of photoperiod and duration of short-day treatment on vegetative growth and flowering of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 76 (1): 77-82.

Krzesinski, W. et al. 2007. Sugar content in spears versus asparagus yielding. Veg. crops Res. Bul. (Warsaw) 67: 127-136.

Ku, Y. G., D. J. Woolley, A. R. Hughes, and M. A. Nichols. 2007. Temperature effects on dormancy, bud break and spear growth in asparagus (*Asparagus officinalis* L.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 82 (3): 446-450.

Kubota, C., T. Eguchi, and M. Kroggel. 2017. UV-B radiation dose requirement for suppressing intumescence injury on tomato plants. Sci. Hort. 226: 366-371.

Lara, O. A., A. Amorós, M. L. Tapia, and V. H. Escalona. 2021. Effect of a photoselective filter on the yield and postharvest quality of 'Virofly' baby spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves cultivated in a hydroponic system. Sci. Hort. 277.

Ledesma, N. A., M. Nakata, and N. Sugiyama. 2008. Effect of high temperature stress on the reproductive growth of strawberry cvs. 'Nyoho' and 'Toyonoka'. Sci. Hort. 116 (2): 186-193.

Lee, N. and H. Y. Park. 2020. Effects of different colored film mulches on the growth and bolting time of radish (*Raphanus sativus* L.). Sci. Hort. 266.

Li, M., Y. Wu, M. Zhang, and J. Zhu. 2017. High-voltage electrostatic fields increase nitrogen uptake and improve growth of tomato seedlings. Canad. J. Plant Sci. 98 (1): 93-106.

Li, R. et al. 2017. Iodide and iodate effects on the growth and fruit quality of strawberry. J. Sci. Food Agr. 97 (1): 230-235.

Li, X. et al. 2021. Effects of exogenous germanium and effective microorgoonisms on germanium accumulation and nutritional qualities of garlic (*Allium sativum* L.). Sci. Hort. 283.

Li, K. et al. 2021. Utilizing cold plasma seed treatment technologies to delay cotyledon senescence in tomato seedling. Sci. Hort. 281.

Li, M. et al. 2022. Short-term suboptimal low temperature has short- and long-term effects on melon seedlings. Sci. Hort. 297.

Li, C. et al. 2022. The involvement of abscisic acid in glucose promoted adventitious root development in cucumber. Sci. Hort. 295.

Liang, Y. et al. 2021. Red/blue light ratios induce morpholoty and physiology alterations differently in cucumber and tomato. Sci. Hort. 281.

Lieten, P. 2002. The effect of humidity on the performance of greenhouse grown strawberry. Acta Hort. No. 567 (Vol. 2): 479-482.

Lin, K., Z. Huang, and Y. Xu. 2018. Influence of light quality and intensity on biomass and biochemical contents of hydroponically grown lettuce. HortScience 53 (8): 1157-1163.

Lin, C. Y. et al. 2019. Curd initiation and transformation in tropical cauliflower cultivars under different temperature treatments. HortScience 54 (8): 1351-1356.

Lindemann-Zutz, K., A. Fricke, and H. Stützel. 2016. Prediction of time to harvest and its variability in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Part I. Plant developmental variation and forecast of time to head induction. Sci. Hort. 198: 424-433.

Liu, H. et al. 2018. Effect of green, yellow and purple radiation on biomass, photosynthesis, morphology and soluble sugar content of leafy lettuce via spectral wavebands “knock out”. Sci. Hort. 236: 10-17.

Liu, J. et al. 2022. Effects of soil drought and vapour pressure deficit (VPD) on water use efficiency of tomato plants with contrasting endogenous ABA levels. Sci. Hort. 295.

Lockley, R. A. et al. 2021. Postharvest temperature and water status influence postharvest splitting susceptibility in summer radish (*Raphanus sativus* L.). J. Sci. Food Agr. 101 (2).

Mackenzie, S. J., C. K. Chandler, T. Hasing, and V. M. Whitaker. 2011. The role of temperature in the late-season decline in soluble solids content of strawberry fruit in a subtropical production system. HortScience 46 (11): 1562-1566.

Maiti, R. 1997. *Phaseolus* spp. Bean science. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, USA. 534 p.

Makrogianni, D. I., A. Tsistraki, I. C. Karapanos, and H. C. Passam. 2017. Nutritional value and antioxidant content of seed-containing and seedless eggplant fruits of two cultivars grown under protected cultivation during autumn-winter and spring-summer. J. Sci. Food Agr. 97 (11): 3752-3760.

Manakasem, Y. and P. B. Goodwin. 2001. Responses of dayneutral and Junebearing strawberries to temperature and daylength. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76 (5): 629-635

Mariz-Ponte, N., R. J. Mendes, S. Sario, P. Melo, and C. Santos. 2018. Moderate UV-A supplementation benefit tomato seed and seedling invigoration: a contribution to the use of UV in seed technology. Sci. Hort. 235: 357-366.

Masood, S., X. Q. Zhao, and R. F. Shen. 2020. *Bacillus pumilus* promotes growth and nitrogen uptake of tomato plants under nitrogen fertilization. Sci. Hort. 272.

Matsuo, S. et al. 2018. Transcriptional regulation of auxin metabolic-enzyme genes during tomato fruit development. Sci. Hort. 241: 329-338.

Maughan, T. L., B. L. Black, and D. Drost. 2015. Critical temperature for sub-lethal cold injury of strawberry leaves. Sci. Hort. 183: 8-12.

Mayorga-Gómez, A. et al. 2020. Temporal relationship between calcium and fruit growth and development in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) HortScience 55 (6): 906-913.

Mazzeo, G. et al. 2020. Insect pollinators improve seed production in globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*). Ann. App. Biol. 176 (3).

Mechora, S., V. Stibilj, I. Kreft, and M. Germ. 2014. The physiology and biochemical tolerance of cabbage to Se (VI) addition to the soil and by foliar spraying J. Plant Nutr. 37 (13): 2157-2169.

Min, K. et al. 2021. Supplemental aclium improves freezing tolerance of spinach (*Spinacia oleracea* L.) by mitigating membrane and photosynthetic damage, and bolstering anti-oxidant and cell-wall status. Sci. Hort. 288.

Mohammadipour, N. and M. K. Souri. 2019. Beneficial effects of glycine on growth and leaf nutrient concentrations of coriander (*Coriandrum sativum*) plants J. Plant Nutr. 42 (14): 1637-1644.

Moncada, A. et al. 2013. Effect of grafting on yield and quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). Sci. Hort. 149: 108-114.

Nascimento, W. M., D. J. Cantliffe, and D. J. Huber 2001. Endo-β-

mannanase activity and seed germination of thermosensitive and thermotolerant lettuce genotypes in response to seed priming. Seed Sci. Res. 11 (3): 255-264.

Neibauer, J. and E. Maynard. 2007. Commodities/bell peppers. «http://purdue.edu/prod_quality/commodities/peppers.html».

Neugart, S. and M. Schreiner. 2018. UVB and UVA as eustressors in horticultira and agricultural crops. Sci. Hort. 234: 370-381.

Ngcobo, B. L., I. Bertling, and A. D. Clulow. 2020. Preharvest illumination of cherry tomato reduces ripening period, enhances fruit carotenoid concentration and overall fruit quality. J. Hort. Sci. Biotechnol. 95 (5): 617-627.

Nomura, K. et al. 2021. Long-term compound interest effect of CO_2 enrichment on the carbon balance and growth of a leafy vegetable canopy. Sci. Hort. 283.

Noor, A., K. Ziaf, M. Amjad, and I. Ahmad. 2020. Synthetic auxins concentration and application time modulates seed yield and quality of carrot by altering the umbel order. Sci. Hort. 262.

Nouraei, S., M. Rahimmalek, and G. Saeidi. 2018. Variation in polyphenolic composition, antioxidants and physiological characteristics of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* Hayek) as affected by drought stress. Sci. Hort. 233: 378-385.

Olias, J. M., C. Sanz, and A. G. Pérez. 2001. Postharvest handling of strawberries for fresh market, pp. 209-233. In: R. Dris, R. Niskanen, and S. M. Jain (eds.). Crop management and postharvest handling of horticultural products. Vol. I. Quality management. Sci. Pub. Inc. Enfield, NH, USA.

Oh, M. M., E. E. Carey, and C. B. Rajashekar. 2010. Regulated water deficits improve phytochemical concentration in lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 135: 223-229.

Olszyk, D. et al. 2020. Biochar affects essential nutrients of carrot taproots and lettuce leaves. HotScience 55 (2): 261-271.

Oregon State University. 2002. Globe artichoke. Commercial vegetable production guides. The Internet.

Oregon State University. 2003. Spinach. Commercial Vegetable Production Guides. The Internet.

Ornellas, F. L. S. et al. 2020. Gene expression, biochemical and physiological activities in evaluating melon seed vigor through ethanol release. Sci. Hort. 261.

Pagamas, P. and E. Nawata. 2008. Sensitive stages of fruit and seed development of chili pepper (*Capsicum annuum* L. var. Shishito) exposed to high-temperature stress. Sci. Hort. 117 (1): 21-25.

Paim, B. T. et al. 2020. Mild drought stress has potential to improve lettuce yield and quality. Sci. Hort. 272.

Palacio-Márquez, A. et al. 2021. Efficiency of foliar application of zinc oxide nanoparticles versus zinc nitrate complexed with chitosan on nitrogen assimilation, photosynthetic activity, and production of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Sci. Hort. 288.

Palencia, P. et al. 2010. Relationship between tipburn and leaf mineral composition in strawberry. Sci. Hort. 126 (2): 242-246.

Pedrosa, V. M. D. et al. 2021. Production of mycosporine-like amino acid (MAA)- loaded emulsions as chemical barriees to control sunscald in fruits and vegetables. J. Sci. Food Agr. 102 (2): 801-812.

Pentangelo, A. et al. 2021. Effects of highly concentrated KCl foliar spray for managing the occurrence of the internal brown spot, a physiological disorder of potato tubers. J. Hort. Sci. Biotechnol. 96 (4): 527-537.

Pérez-Jiménez, M. et al. 2015. Foliar application of plant growth regulators changes the nutrient composition of sweet pepper (*Capssicum annuum* L.). Sci. Hort. 194: 188-193.

Pérez-López, U. et al. 2015. Growth and nutritional quality improvement in two differently pigmented lettuce cultivars under elevated CO_2 and/or salinity. Sci. Hort. 195: 56-66.

Pérez-Pasos, J. et al. 2021. Influence of morpho-physiological traits on root yield in sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) genotypes and its adaptation in a sub-humid environment. Sci. Hort. 275.

Petrovic, A., Y. Yoshida, and T. Ohmori. 2009. Ecess ammonium in foliar tissue: a possible cause of interveinal chlorosis in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Nyohol. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84 (2): 181-186.

Pham, D. M. and C. Chun. 2020. Growth and leaf injury in tomato plants under continuous light at different settings of constant and diurnally varied photosynthetic photon flux densities. Sci. Hort. 269.

Phimchan, P., S. Techawongstein, S. Chanthai, and P. W. Bosland. 2012. Impact of drought strees on the accumulation of capsaicinoids in capsicum cultivars with different initial capsaicinoid leves. HortScience 47 (9): 1204-1209.

Pimentel, I. and S. Contreras. 2014. Red and far-red light treatments to modify thernoinhibition, photoplasticity, and longevity in lettuce seeds. HortTechnology 24 (4): 463-470.

Polito, V. S., K. D. Larson, and K. Pinney. 2002. Anatomical and histochemical factors associated with bronzing development in strawberry fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127 (3): 355-357.

Pols, S. et al. 2022. The regulatory role of nitric oxide and its significance for future postharvest applications. Postharvest Biol. Technol. 188.

Prinzenberg, A. E. et al. 2021. Genetic mapping of the tomato quality traits brix and blossom-end rot under supplemental LED and HPS leighting conditions. Euphytica 217.

Qian, M. et al. 2020. UV-A light induces a robust and dwarfed phenotype in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) without affecting fruit yield. Sci. Hort. 263.

Reddy, G. C. and R. K. Goyal. 2021. Growth, yield and quality of strawberry as affected by fertilizer N rate and biofertilizer inoculation under greenhouse conditions. J. Plant Nutr. 44 (1): 46-58.

Reitz, N. F. and E. J. Mitcham. 2021. Lignification of tomato (*Solanum lycopersicon*) pericarp tissue during blossom-end rot development. Sci. Hort. 276.

Reitz, N. et al. 2021. Differential effects of excess calcium applied to whole plants vs. excised tissue on blossom-end rot in tomato. Sci. Hort. 290.

Rendina, N. et al. 2019. Yield parameters and antioxidant compounds of tomato fruit: the role of plant defence inducers with or without cucumber mosaic virus infection. J. Sci. Food Agr. 99 (12): 5541-5549.

Riahi, J. et al. 2020. Globe artichoke cuttings production: artificial vernalization pathways for the improvement of earliness, yield and marketable traits. Sci. Hort. 267.

Rios, J. J. et al. 2021. Influence of foliar methyl-jasmonate biostimulation on exudation of glucosinolates and their effect on root pathogens of broccoli plants under salinity condition. Sci. Hort. 282.

Rivero, R. et al. 2021. Environmental regulation of dormancy, flowering and runnering in two genetically distant everbearing strawberry cultivars. Sci. Hort. 290.

Rouphael, Y. et al. 2018. Salinity as eustresoor for enhancing quality of vegetables. Sci. Hort. 234: 361-369.

Ruiz-Lau, N. et al. 2011. Water deficit affects the accumulation of capsaicinoids in fruits of *Capsicum chinense* Jacq. HortScience 46: 487-492.

Sabatino, L. et al. 2021. Selenium biofortifcation and grafting modulate plant performance and functional features of cherry tomato grown in soilless system. Sci. Hort. 285.

Sago, Y. 2016. Effects of light intensity and growth rate of tipburn development and leaf calcium concentration in butternhead lettuce. HortScience 51 (9): 1087-1091.

Sahin, O. 2021. combined biofortification of soilles grown lettuce with iodine, selenium and zinc and its elemental composition. J. Plant Nutr. 44 (5): 673-678.

Samarah, N. H., N. A. Al-Qurran, R. S. Massad, and G. E. Welbaum. 2020. Treatment of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds with chitosan increases chitinase and glucanase activities and enhances emergence in standard cold test. Sci. Hort. 269.

Saia, S. et al. 2019. An endophytic fungi-based biostimulant modulated lettuce yield, physiological and functional quality responses to both moderate and severe water limitation. Sci. Hort. 256.

Saltveit, M. 2018. Pinking of lettuce Postharvest Biol. Technol. 145: 41-52.

Sanchez, V. M., F. J. Sundstrom, G. N. McClure, and M. S. Lang. 1993. Fruit maturity, storage and postharvest maturation treatments affect bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seed quality. Sci. Hort. 54 (3): 191-201.

Sarkar, D. and A. Rakshit. 2021. Bio-priming in combination with mineral fertilizer improves nutritional quality and yield of red cabbage under Middle Gangetic Plains, India. Sci. Hort. 283.

Sarker, U. and S. Oba. 2018. Salinity stress enhances color paramenters, bioactive leaf pigments, vitamins, polyphenols, flavonoids and antixodant activity in selected *Amaranthus* leafy vegetables. J. Sci. Food. Agr. 99 (5).

Saure, M. C. 2014. why calcium deficiency is not the cause of blossom-end rot in tomato and pepper fruit – a reappraisal. Sci. Hort. 174: 151-154.

Savvas, D. et al. 2017. Impact of grafting and rootstock on nutrient-to-water uptake ratios during the first month after planting of hydroponically grown tomato. J. Hort. Sci. Biotechnol. 92 (3): 294-302.

Seedapalee, T. et al. 2021. Physiological responses of sun choke's seedlings under different wavelength LED lighting. Sci. Hort. 282.

Shan, C., Y. Zhang, and H. Zhang. 2018. ABA participates in the regulation of vitamin C content in the fruit of strawberry using lanthanum nitrate. Sci. Hort. 233: 455-459.

Shao, M. et al. 2020. Differential effects of high light duration on growth,

nutritional quality, and oxidative stress of hydroponic lettuce under red and blue LED irradiation. Sci Hort. 268.

Sharma, R. R., V. B. Patel, and H. Krishna. 2006. Relationship between light, fruit and leaf mineral content with albinism incidence in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). Sci. Hort. 109 (1): 66-70.

Shi, J. et al. 2019. Nondestructive diagnostics of magnesium deficiency based on distribution features of chlorophyll concentrations map on cucumber leaf. J. Plant Nutr. 42 (20): 2773-2783.

Shibuya, T. et al. 2022. Far-red light interacts with wind-induced stress in cucumber seedlings. Sci. Hort. 295.

Shimomura, M. et al. 2020. Continuous blue lighting and elevated carbon dioxide concentration rapidly increase chlorogenic acid content in young lettuce plants. Sci. Hort. 272.

Siadat-Jamian, S. et al. 2019. Qualitative and quantitative response of artichoke to irrigation treatments and planting densities. Sci. Hort. 253: 422-428.

Silva, S. L. O. et al. 2018. Effects of boron omission and foliar fertilization on nutrition efficiency and production of cowpea. HortScience 53 (11): 1683-1688.

Socquet-Juglard et al. 2020. Iglluence of fertilisation on anthocyanin accumulation and acylation in *Brassica oleracea*. J. Hort. Sci. Biotechnol. 95 (3): 374-382.

Solis, J. et al. 2014. Effect of drought on storage root development and gene expression profile of sweetpotato under greenhouse and field conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 139 (3): 317-324.

Son, K. H. and M. M. Oh. 2013. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light emitting diodes. HortScience 48 (8): 988-995.

Sonsteby, A. and O. M. Heide. 2007. Long-day control of flowering in everbearing strawberries. J. Hort. Sci. Biotechnol. 82 (6): 875-884.

Soratto, R. P. et al. 2019. Phosphorus and silicon effects on growth, yield, and phosphorus forms in potato plants. J. Plant Nutr. 42 (3): 218-233.

Su, L. et al. 2021. Cytokinin and auxin modulate cucumber parthenocarpy fruit development. Sci. Hort. 282.

Sung, Y., D. J. Cantliffe, R. T. Nagata, and W. M. Nascimento. 2008. Structural changes in lettuce seed during germination at high temperature altered by genotype, seed maturation temperature, and seed priming J. Amer. Sco. Hort. Sci. 133:

Suzuki, K., H. Takeda, T. Tsukaguchi, and Y. Egawa. 2001. Ultrastructural study on degeneration of tapetum in anther of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under heat stress. Sex Plant Reprod. 13 (6): 293-299.

Tadesse, T., M. A. Nichols, E. W. Hewett, and K. J. Fisher. 2001. Relative humidity around the fruit influences the mineral composition and incidence of blossom-end rot in sweet pepper fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 76 (1): 9-16.

Tan, X. et al. 2021 Exogenous melatonin maintains leaf quality of postharvest chinese flowering cabbage by modulating respiratory metabolism and energy status. Postharvest Biol.Technol. 177.

Thanopoulos, Ch., D. Bouranis, and H. C. Passam. 2013. Comparative development, maturation and ripening of seedless and seed-containing bell pepper fruits. Sci. Hort. 164: 573-577.

Tiwari, R. K. et al. 2020. Emerging roles of melatonin in mitigating abiotic and biotic stresses of horticultural crops. Sci. Hort. 272.

Toscano-Verduzco, F. A. et al. 2020. Phosphates solubilization, indole-3-acetic acid and siderophores production by *Beauveria brongniartii* and its effects on growth and fruit quality of *Capsicum chinense*. J. Hort. Sci. Biotechnol. 95 (2) 235-246.

Trandel, M. A., P. Perkins-Veazie, and J. Schultheis. 2020. Predicting hollow heart incidence in triploid watermelon (*Citrullus lanatus*). HortScience 55 (12): 1926-1930.

Truffault, V. et al. 2020. Is monodehydroascorbate reductase activity in leaf tissue critical for the maintenance of yield in tomato. J. Plant Physiol. 222: 1-8.

Tsuruyama, T. and T. Shibuya. 2018. Growth and flowering responses of seed-propagated strawberry seedlings to different photoperiods in controlled environment chambers. HortTechnology (4): 453-458.

Turan, M. et al. 2021. Effect of biostimulants on yield and quality of cherry tomatoes grown in fertile and stressed soils. HortScience 56 (4): 414-423.

UG, University of Goergia. 2007. Commercial tomato production handbook. Cooperative Extension. Bul 1312. The Internet.

UG, University of Goergia. 2009. Commercial pepper production handbook. Cooperative Extension. Bul. 1309. 56 pp. The Internet.

Uno, Y, H. Okubo, H. Itoh, and R. Koyama. 2016. Reduction of leaf lettuce tipburn using an indicator cultivar. Sci. Hort. 210: 14-18.

Valcárcel, M. et al. 2020. Controlled deficit irrigation as a water-saving strategy for processing tomato. Sci. Hort. 261.

VandenLangenberg, K. M., P. C. Bethke, and J. Nienhuis. 2012. Patterns of fructose, glucose, and sucrose accumulation in snap and dry bean (*Phaselous vulgaris*) pods. HortScience 47 (7): 874-878.

Vavrina, C. S. 2008. Pepper stem scald: a physiological problem. «http://edis.ifas.ufl.edu/scripts/HS108»

Villavicencio, L. E., J. A. Bethke, and L. Corkidi. 2015. Effect of uniconazole on the control of plant height and fruit yield of potted tomato, pepper, and eggplant. HortTechnology 25 (4): 522-527.

Villordon, A. Q. et al. 2009. Characterization of adventitious root development in sweetpotato. HortSciecne 44: 651-655.

Villordon, A., J. C. Gregorie, and D. LaBonte. 2020. Variation in phosphorus availability, root architecture attributes, and onset of storage root formation among sweetpotato cultivars. HortScience 55 (12): 1903-1911.

Wang, R., M. Eguchi, Y. Gui, and Y. Iwasaki. 2020. Evaluating the effect of light intensity on flower development uniformity in strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) under early induction conditions in forcing culture. HortScience 55 (5): 670-675.

Wang, M. et al. 2021. Sugars enhance parthenocarpic fruit formation in cucumber by promoting auxin and cytokinin signaling. Sci. Hort. 283.

Watanabe, T. et al. 2021. Ionomic differences between tomato introgression line IL8-3 and its parent cultivar M82 with different trends to the incidence of blossom-end rot. Sci. Hort. 287.

Weber, N. et al. 2017. Influence of deficit irrigation on strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit quality. J. Sci. Food. Agr. 97 (3): 849-857.

Wissemeier, A. H. and G. Zuhlke. 2002. Relation between climatic variables, growth and the incidence of tipburn in field-grown lettuce as evaluated by simple, partial and multiple regression analysis Sci. Hort. 93 (3/4): 193-204.

Wu, X. et al. 2021. Melatonin: biosynthesis, content, and function in horticultural plants and potential application. Sci. Hort. 288.

Wubs, A. M., E. Heuvelink, and L. F. M. Marcelis 2009. Abortion of reproductive organs in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.): a review. J. Hort. Sci. Biotechnol. 84 (5): 467-475.

Wyenandt, C. A., W. L. Kline, D. L. Ward and N. L. Brill. 2017. Production system and cultivar effects on the development of skin separation or "silvering" in bell pepper fruit. HortTechnology 27 (1): 37-44.

Xia, F. et al. 2018. Effects of day and night temperature on photosynthesis, antioxidant enzyme activities, and endogenous hormones in tomato leaves during the flowering stage. J. Hort. Sci. Biotechnol. 93 (3): 306-315.

Xiao, L. et al. 2022. Effects of light quality on plant development and fruit metabolism and their regulation by plant growth regulators in tomato. Sci. Hort. 300.

Xie, K. et al. 2021. Enhancement of gamma-aminobutyric acid (GABA) and other health-promoting metabolites in germinated broccoli by mannose treatment. Sci. Hort. 276.

Xu, C. and B. Mou. 2016. Responses of spinach to salinity and nutrient deficiency in growth, physiology, and nutritional value. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 141 (1): 12-21.

Xu, C. and B. Mou. 2018. Chitosan as soil amendment affects lettuce growth, photochemical efficiency, and gas exchange. HortTechnology 28 (4): 476-480.

Yadav, S. K. et al. 2015. Quality improvement of aged cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) seeds using chlorophyll fluorescence sensor. Sci. Hort. 189: 81-85.

Yamaura, H. et al. 2021. Supra-optimal daily mean temperature stimulates plant growth and carbohydrate use in tomato. Sci. Hort. 276.

Yao, C. R., S. Moreshet, B. Aloni, and L. Karni. 2000. Effects of climatic factors and water stress on the diurnal fluctuation in diameter of bell pepper fruit. J. Hort. Sci. Biotechnol. 75 (1): 6-11.

Yasuor, H., M. Firer, and E. Beit-Yannai. 2015. Protective structures and manganese amendments effects on antioxidant activity in pepper fruit. Sci. Hort. 185: 211-218.

Yeasmin, R. et al. 2019. Arbuscular mycorrhiza influences growth and nutrient uptake of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) under heat stress. HortScience 54 (5): 846-850.

Yi, Z. et al. 2021. Optimization of light intensity and nitrogen concentration in solutions regulating yield, vitamin C, and nitrate content of lettuce. J. Hort. Sci. Biotechnol. 96 (1): 62-72.

Zahedipour-Sheshglani, P. and M. Asghari. 2020. Impact of foliar spray with 24-epibrassionlide on yield, quality, ripening physiology and

productivity of the strawberry. Sci. Hort. 268.

Zaman, S. et al. 2019. The accumulation of fatty acids in different organs of purslane under salt stress. Sci. Hort. 250: 236-242.

Zellner, W. L. 2021. Drastic differences in silicon concentrations between roots and leaves of 10 different *Solanum lycopersicum* L. varieties. HortScience 56 (7): 838-846.

Zhang, A., H. Li, Z. Tang, and X. Chen. 2015. Growth and physiological response to nitrogen deficiency and re-supply in leaf-vegetable sweetpotato (*Ipomoea batatas* Lam). HortScicence 50 (5): 754-758.

Zhang, Y. et al. 2018. Fruit yellow-shoulder disorder as related to mineral element uptake of tomatoes grown in high temperature. Sic. Hort. 242: 25-29.

Zhabg, X., S. You, Y. Tian, and J. Li. 2019. Comparison of plastic film, biodegradable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality. Sci. Hort. 249: 38-48.

Zhang, C. et al. 2020. Differences of reactive oxygen species metabolism in top, middle and bottom part of epicarp and mesocarp influence tomato fruit cracking.

Zhang, H. et al. 2020. Light-induced ultrastructure changes of amyloplasts and effect of nitrogen fertilization on greening in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). Postharvest Biol. Technol. 168.

Zheng, Y. et al. 2020. The interactive effects of daytime high temperature and humidity on growth and endogenous hormone concentration of tomato seedlings. HortScience 55 (10): 1575-1583.

Zhou, H. et al. 2020. Nitrogen application modified the effect of deficit irrigation on tomato transpiration, and water use efficiency in different growth stages. Sci. Hort. 263.

Zhou, N. et al. 2020. Role of sucrose in modulating the low-nitrogen-induced accumulation of phenolic compounds in lettuce (*Lactuca sativa* L.). J. Sci. Food Agr. 100 (15): 5412-5421.

Zipelevish, E. et al. 2000. Eggplant dry matter composition, fruit yield and quality as affected by phosphate and total salinity caused by potassium fertilizers in the irrigation solution. J. Plant Nutr. 23 (4): 431-442.

Zulfiqar, F. 2021. Effect of seed priming on horticultural crops. Sci. Hort. 286.

Zuo, Y. et al. 2018. Application of vermicopost improves strawberry growth and quality through increased photosynthesis rate, free radical scavenging and soil enzymatic activity. Sci. Hort. 233: 132-140.

Zurawicz, A., W. Krzesinski, and M. Knaflewski. 2008. Changes in soluble solid content in green asparagus spears during harvest season. Acta Hort. No. 776: 435-444.

المؤلف فى سطور



دكتور أحمد عبد المنعم حسن – أستاذ الخضر المتفرغ بكلية الزراعة، جامعة القاهرة – من مواليد محافظة البحيرة – جمهورية مصر العربية - ١٩٤٢.

حصل على البكالوريوس من جامعة الإسكندرية بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف الأولى عام ١٩٦٢، والماجستير من جامعة ولاية نورث كارولينا ١٩٦٦، والدكتوراه من جامعة كورنل بالولايات المتحدة ١٩٧٠.

عمل بالتدريس وإجراء الأبحاث العلمية فى جامعات القاهرة، والإسكندرية، وبغداد، والإمارات العربية المتحدة.

أشرف على عديد من طلبة الدراسات العليا فى جامعات القاهرة، وعين شمس، وبغداد، وشارك فى مناقشة عديد من رسائل الماجستير والدكتوراه، وفى تقييم المتقدمين للترقيات العلمية فى عديد من الجامعات المصرية والعربية.

عضو عديد من اللجان والجمعيات العلمية المحلية والعالمية.

له ٧٨ مؤلفًا علميًّا وأكثر من ٩٠ بحثًا علميًّا منشورة فى الدوريات العلمية المحلية والعالمية، إضافة إلى حوالى ٢٧ نشرة إرشادية.

حصل على جائزة الدولة التشجيعية ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى (أكاديمية البحث العلمى – مصر) عام ١٩٨٤، وأربع جوائز عن التأليف العلمى الزراعى (وزارة الزراعة – مصر) عام ١٩٨٤ والجائزة الأولى لندوة الثقافة والعلوم (دبى) عام ١٩٩١.

ويمكن الإطلاع على مؤلفات الدكتور/ أحمد عبدالمنعم حسن فى صفحته على جوجل، وهى:

https://sites.google.com/view/prof-ahmed-hassan-site/home